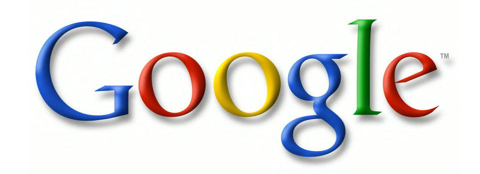
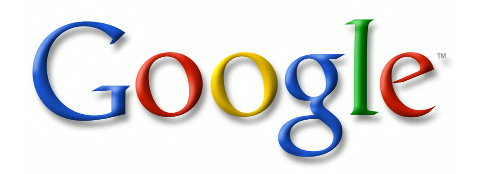








Die Entwickelung

des

menschlichen Gehirns

während der ersten Monate

Untersuchungsergebnisse

von

Wilhelm His

Mit 115 Abbildungen im Text

Leipzig

Verlag von S. Hirzel

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

Im Verlauf der 80er und im Beginn der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts habe ich eine Anzahl von Arbeiten über die Entwicklung des Zentralnervensystems erscheinen lassen, teils rein morphologischer, teils histologischer Natur. Ich habe damals auch begonnen, die innere Gehirnorganisation in ihrer Entwicklung zu verfolgen. Nach Publikation eines Aufsatzes über das Rautenhirn habe ich indessen die bezüglichen Arbeiten unterbrochen, einesteils um noch mehr Material zu sammeln, vor allem aber deshalb, weil in jener Zeit eine besonders fruchtbare Periode auf dem Gebiet der Hirnanatomie angebrochen war. FLECHSIG, GOLGI, RAMON Y CAJAL, KÖLLIKER, RETZIUS, HELD, VAN GEHUCHTEN, V. LENHOSSEK, EDINGER u. a. lehrten uns soviel tatsächlich Neues kennen, daß es mir erwünscht scheinen mußte, erst einen Abschluß der Forschungsperiode abzuwarten, um an die festgestellten neuen Ergebnisse meinerseits wieder anknüpfen zu können. Ich wage nun im nachfolgenden den Versuch, die Arbeiten wieder da anzuknüpfen, wo ich sie s. Z. unterbrochen hatte. Noch ist mein Material im Verhältnis zu den zu behandelnden Fragen recht sparsam, indessen lassen sich vielleicht doch gewisse Grundlagen damit gewinnen, auf denen in der Folge mit ausgiebigerem Material weiter gebaut werden kann.

So dankbar, wie manche andere der neueren Forschungsmethoden, die Methoden von FLECHSIG, WEIGERT, GOLGI u. a., ist ja die rein entwicklungsgeschichtliche Methode, das Studium embryonaler Durchschnitte nicht. Die Arbeit muß aber gemacht werden, denn es zeigt sich auch hier, daß erst die Geschichte eines Organes uns das volle Verständnis für dessen inneren Aufbau gewährt. Aus der anfangs so einheitlich erscheinenden Markplatte sondern sich schrittweise die grauen Massen und die Faserbahnen, von den einfachsten zu immer verwickelteren Gliederungen fortschreitend. Auf die Anlage eines Nervensystems ohne Nervenzellen und Nervenfasern folgt die eines Systems mit den ersten motorischen Elementen, dann treten aus unabhängigen Anlagen die zentripetal leitenden Bahnen auf, die Spinalganglien mit den sensiblen Wurzeln und die Bahnen der ins Zentralorgan einwachsenden Sinnesnerven. In sehr früher Zeit erscheinen aber auch die Vermittler intramedullärer Verbindungen, der Verbindungen von hinten nach vorn, von unten nach oben, von rechts nach links. Und

während die das Zentralorgan verlassenden und die in dasselbe eintretenden Bahnen in einer zeitlich sehr beschränkten frühen Periode sich anlegen, entwickeln sich die der inneren Verknüpfung zentraler Vorgänge dienenden unabsehbar lang weiter. So erscheint es z. B. mehr als zweifelhaft, ob zur Zeit der Geburt beim menschlichen Kinde die Bildung neuer Bahnen (neuer Neuronen, oder doch neuer Kollateralen) in den Großhirnhemisphären endgültig abgeschlossen ist. Was aber einmal angelegt ist, das bleibt im allgemeinen bestehen. Das neu Hinzukommende lagert sich dem bereits Vorhandenen an, oder es schiebt sich zwischen dasselbe ein. Im ersteren Fall wird der Querschnitt durch die bezügliche Gehirnprovinz, ähnlich einem geologischen Gebirgsquerschnitte, zur historischen Urkunde.

Die Rücksicht auf den Zusammenhang der Darstellung hat mich veranlaßt, besonders im ersten Teil dieser Arbeit mancherlei Wiederholung früherer Arbeitsergebnisse zu bringen. Ich habe gesucht den betreffenden Abschnitten durch neue Abbildungen einen originalen Charakter zu wahren, und zwar habe ich diesmal reichlichen Gebrauch von der Wiedergabe von Photogrammen gemacht. Von den mitgeteilten Photogrammen habe ich einige wenige (z. B. Fig. 3 u. 9) völlig überzeichnet, bei anderen hat entweder keine Retouche stattgefunden oder eine nur unwesentliche (Verstärken von zu blassen Linien oder Auswaschen von Unreinigkeiten).

Die diesmal mitgeteilten Abschnitte bilden keine fortlaufende Reihe, ich teile mit, was mir mehr oder minder abgeschlossen vorliegt. Die fehlenden Zwischenkapitel hoffe ich, falls mir Leben und Arbeitskraft bleiben, in absehbarer Zeit nachliefern zu können.

Man wird in meiner Arbeit, wie ich von vornherein hervorhebe, eine nur ungenügende Berücksichtigung der so umfangreichen Hirnliteratur finden, und ich gestehe dies gern als einen empfindlichen Mangel zu. Ein jeder gibt indessen, was er geben kann. Wir haben bekanntlich eine Reihe vorzüglicher, die Gesamtliteratur berücksichtigender Werke und darunter auch solche, die von hervorragenden Hirnforschern herausgegeben sind. Mir ist die Gabe leichter Literaturbeherrschung nie verliehen gewesen, und ein alterndes Gehirn wird bekanntlich darin nicht besser. Anderseits hat sich bei mir im Laufe der Jahre allerlei Beobachtungsmaterial aufgespeichert, das einer eingehenden Bearbeitung wert ist, und das ich auch andern zugänglich zu machen die Verpflichtung fühle. Ich gebe also, was ich bieten kann, d. h. was ich selber beobachtet und durchdacht habe. Selbstverständlich werde ich, soweit wie möglich, Anschluß an die Hauptwerke der Hirnliteratur suchen.

Methoden der Bearbeitung.

Die wichtigste Grundlage meiner Ergebnisse bilden die Konstruktionsbilder von Embryonen. Über deren Herstellung habe ich mich vor Jahr-

zehnten ausgesprochen.[1]) So hoch ich die Plattenmodellierung schätze und so reichlichen Gebrauch ich selber davon gemacht habe, so habe ich doch die Konstruktionsmethode nie entbehren können. Sie liefert schärfere Ergebnisse als die Plattenmodellierung und erlaubt es, jeden einzelnen Schnitt an richtiger Stelle unterzubringen und in allen seinen Einzelheiten zu verstehen. Handelt es sich z. B. darum einen Schnitt herauszusuchen, der ein Organ genau senkrecht zu seiner Achse schneidet, oder zu wissen, in welcher Wirbelhöhe ein Organ liegt, oder wo ein Gefäß oder ein Nerv umbiegt und dergl. mehr, so gibt eine gute Konstruktion auf alle derartigen Fragen rasche und sichere Antwort. Ich betrachte daher seit langem eine Schnittreihe nur dann für allseitig brauchbar, wenn ich sie in Profil- und Frontalansichten durchgearbeitet habe.

An Stelle der mühsam und meist nur unvollkommen zu beschaffenden Prismenzeichnungen habe ich längst Photogramme von Schnittreihen verwendet, über deren Herstellung ich mich ja auch bei verschiedenen Gelegenheiten ausgesprochen habe.[2]) Neuerdings habe ich anstatt der direkten Aufnahme der Schnitte auf Bromsilberpapier den etwas bequemeren Weg eingeschlagen, die Schnitte je eines Objektträgers auf Platten von mäßiger Größe (13:18 cm) bei mäßiger Vergrößerung (4- oder 5fach) aufzunehmen und diese vom Photographen entsprechend weiter vergrößern zu lassen. Es hat dies den Vorteil, daß man die Negative noch zu Projektions- oder anderen Zwecken verwerten kann. Ich darf indessen nicht verhehlen, daß ich bei den direkten Aufnahmen mit 10—15facher Vergrößerung schärfere Bilder bekommen habe, als bei der fraktionierten Vergrößerung von $4 \times 2{,}5$ oder 3×5.

Über die Verwendung von lithographiertem Linienpapier zu Konstruktionen, sowie über die Möglichkeit, mit Hilfe des Proportionalzirkels die Konstruktionszeichnung in einem andern Maßstabe auszuführen, als dem der Photogramme, habe ich mich schon früher geäußert.

In der vorliegenden Arbeit habe ich mich der Konstruktionsmethode auch bedient, um die Anordnung von Neuroblasten und von Faserzügen in die Profil- oder Flächenzeichnung des Gehirns einzutragen. Ersteres ist nur für jüngere Stufen einigermaßen befriedigend durchzuführen. Sowie die Verhältnisse etwas verwickelter werden, hat man es meist mit schräg- oder längsgetroffenen Neuroblasten zu tun und gelangt nicht mehr zu unanfechtbaren Anschauungen, wogegen die mittlerweile entstandenen größeren Faserbahnen, hinteres Längsbündel, Schleife usw. nunmehr meistens klar verfolgbar sind, besonders dann, wenn man aus derselben Entwicklungsstufe verschiedene Embryonen teils in Quer- teils in Sagittalschnitten durcharbeitet und

---

[1]) 1880; Anatomie menschl. Embryonen I. S. 6 ff.

[2]) Zuletzt in der KÖLLIKER gewidmeten Gratulationsschrift: „Der mikrophotographische Apparat der Leipziger Anatomie.“ 4°. Leipzig 1892. F. C. W. Vogel.

so die Ergebnisse der einen Konstruktion durch die einer anderen kontrolliert und ergänzt. Eine solche Kontrolle ist deshalb notwendig, weil sich nicht alle Schnittreihen für die Rekonstruktion gegebener Faserbahnen gleich günstig erweisen. Abgesehen von Unterschieden der Konservierung und Färbung kommt dabei die Schnittrichtung in Betracht. Ein Faserzug, der längs- oder quergetroffen durch verschiedene Schnitte hindurch scharf sich hervorhebt, kann sich weiterhin bei schräger Streifung zwischen den Nachbargebilden mehr oder minder verstecken.

Die Konstruktionsmethode mit Linienpapier und Zirkel hat den Nachteil, daß sie keine körperlichen Bilder gibt, sie zwingt dafür sehr zum genauen Durchdenken der bezüglichen Formen. Senkrechte und horizontale Projektionen desselben Objektes kommen dabei selbstverständlich sehr zu Hilfe. Körperliche Bilder innerer Gehirnstrukturen lassen sich durch Anlegung von Glasmodellen erreichen. Über solche Glasmodelle habe ich in der oben zitierten Gratulationsschrift berichtet und beim Anatomenkongreß in Göttingen (1893) Muster davon vorgelegt.[1]) Weiterhin hat in meinem Laboratorium FRANCIS DIXON mittels der Methode der Glasmodelle die Entwicklung der Trigeminusganglien verfolgt.[2]) Im Jahre 1899 hat VOSMAER, der unsere früheren Versuche nicht gekannt hat, vorgeschlagen, durchsichtige Modelle aus Celloidinplatten herzustellen.[3]) Ich habe mir dies Material auch verschafft, bin aber davon nicht besonders befriedigt, da es in mehrfachen Schichten gelagert trüb erscheint, und da sich überdies die Platten werfen. Die früher von mir angewandte Technik der Herstellung von Glasmodellen, wobei ich auf zuvor gefirniste Platten zeichnete, hat sich übrigens auch als verbesserungsbedürftig erwiesen, da sich im Laufe der Jahre die Firnisschichten getrübt und die Modelle dadurch sehr gelitten haben. Neuerdings werden Glastinten in den Handel gebracht, mittels denen man auf unpräparierte Glasplatten zeichnen kann.[4]) Frisch hergestellt zeigen Glasmodelle eine wunderbare Plastik. Es eignen sich dazu besonders sagittale Schnittreihen, die zu Zirkelkonstruktionen sonst weniger günstig zu sein pflegen.

Benutztes Material.

Im nachfolgenden gebe ich eine Aufzählung der Embryonen und Fötus, deren Schnittreihen der nachfolgenden Arbeit zugrunde gelegen haben. Dabei

---

[1]) l. c. S. 19 u. Verhandlungen der anatom. Gesellschaft, 7. Versammlung zu Göttingen 1893. S. 209.

[2]) FRANCIS DIXON, On the development of the branches of the fifth cranial nerve in man. Transactions of the Royal Dublin Society, Vol. VI Serie II 1896 S. 22 ff.

[3]) VOSMAER, Eine einfache Modifikation zur Herstellung von Plattendiagrammen. Anatom. Anzeiger 1899 Bd. XVIII S. 269 ff.

[4]) Von den bis jetzt versuchten Glastinten scheint mir die Sorte „Pelikan“ von Günther & Wagner in Hannover die günstigsten Ergebnisse zu liefern; ob sie haltbar ist, muß die Zeit ergeben.

sind einige erläuternde Bemerkungen vorauszuschicken. Gemäß den in früheren Arbeiten gemachten Angaben[1]) habe ich bei Embryonen der vierten bis siebenten Woche die längste, von dem Beckenende zur Gegend über der Nackenkrümmung zu ziehende Linie, die sog. Nackenlinie, (Nl) als nützlichstes Maß befunden und vorzugsweise benutzt. Wenn dann in der zweiten Hälfte des zweiten Monats der Kopf mehr und mehr sich hebt, wird die Bestimmung des oberen Endpunktes dieser Linie unsicher, und nun läßt sich zweckmäßigerweise eine Linie messen, die die untere Beckenwölbung mit dem höchstgelegenen Teil des Scheitels verbindet, die sog. Scheitelsteißlänge (SSl). Das Maß kann bis zur Zeit der Geburt genommen werden. Immerhin ist es nicht unbedingt zuverlässig. Wird der Kopf etwas mehr gehoben oder gesenkt, so kann dies, besonders in späteren Stufen, einen nicht unerheblichen Unterschied in der Länge des Maßes ausmachen. Als ein nützliches und im allgemeinen recht zuverlässiges Kontrollmaß habe ich seit langem die Kopftiefe (Kt) mitbenutzt, die von der Mitte des zweiten Monats ab mit der Kopfhöhe (Kinn bis Scheitel) annähernd gleichwertig zu sein pflegt. Dies Maß (Kt) habe ich schon bei jüngeren Früchten brauchbar befunden. Unzuverlässig wird es nur bei starker Erweichung des Gehirns oder bei gequetschten Präparaten. Ein mißlicher Umstand bei allen Messungen liegt darin, daß wir häufig genug die Früchte nicht frisch, sondern in Alkohol oder sonstwie aufbewahrt bekommen. Solche Vorbehandlung ändert die Maße mehr oder minder erheblich, und so sind auch die Maßangaben meiner Tabellen immer nur annäherungsweise unter sich vergleichbar.[2]) Dazu kommt noch der keineswegs zu unterschätzende Betrag individueller Schwankungen.

Noch unsicherer als mit den Messungen steht es mit den Altersbestimmungen der Früchte. In meiner Anatomie menschlicher Embryonen habe ich s. Z. für einige Embryonen der ersten zwei Monate, für die mir die Daten der Anamnese vorlagen, solche Bestimmungen aufzustellen gesucht. Es stellte sich dabei heraus, daß man bei einer größeren Zahl von Früchten das Alter auf die erste ausgebliebene, bei anderen aber auf die zuletzt stattgehabte Periode zu berechnen hat. Aus späterer Zeit besitze ich nur sehr vereinzelte Stücke mit anamnestischen Angaben. Es liegt nun nahe, sich an die Altersbestimmungen anderer Autoren zu halten, deren wir schon von Sömmering, von E. H. Weber, von Arnold und weiterhin von Ecker,

[1]) Anatomie menschl. Embryonen II. S. 5 ff.

[2]) Die Behandlung der Embryonen mit Fixationsmitteln und weiterhin ihre Aufbewahrung in Alkohol führen zu ziemlich bedeutenden Schrumpfungen. Um ein Beispiel anzuführen, so maß bei einem frisch dem Uterus entnommenen Embryo die Nl. 18 mm, bei dem fixierten und in Alkohol aufbewahrten nur noch 15 mm. Noch weitergehende Schrumpfungen bedingt bekanntlich das Einschließen in Paraffin. Vorläufig wird es auch kaum möglich sein, feste Schrumpfungskoeffizienten aufzustellen. Solche würden wohl nur auf Grund systematischer Versuchsreihen erhältlich sein.

Bezeichnung	Nl.	SSl.	Kt.	Alter	Schnitt-richtung
EB	—	3.1	0.9	2 Wochen	quer
Lr[1])	—	4.2	1.05		„
Mi	3.2	—	1.5		„
α	4	—	1.7	3 Wochen	„
Bl	4.25	—	1.7		„
Oc	4.4	—	1.8	4. Woche	„
R	5	—	1.9		„
T	6.5 (?)	—	3.2		„
Br_3	6.9	—	3.4	4 Wochen	„
B	7	—	2.9	„	„
Hoe	7	—	3.2	„	„
A	7.5	—	2.9	„	„
Dl	8.5 (?)	—	—	„	„
Ru	9.1	—	4.8	Anfang der	„
Pr	10	—	4.4	5. Woche	„
Ko	10.2	—	4.8 (?)		
Rg	11	—	5		„
Ha	10.5	—	6.3 (?)	Gegen Ende	„
N	10.9	—	6.25	der 5. Woche	„
S_1	12.5	—	6.4		„
CR	13.6	—	7.8	Anfang der	„
Sch	13.8	—	7.6	6. Woche	„
Hg	14	—	8.4		„
Fo	15.6	—	7.2	6 Wochen	„
Ob	15.5	—	8.8		sagittal
Wi	15.7	—	8.4		„
Se	16	—	—		quer
So	17	—	8.6		„
Bu	17	—	9		„
Bo	17.5	—	—		„
FM	17.8	—	10.4	7 Wochen	sagittal
Lhs	17	—	8.75	7 Wochen 2 Tage	quer
Zw	18.5	—	11.2		„
My	19 (?)	—	—		„

[1]) Bei den beiden ersten Embryonen der Tabelle EB und Lr habe ich das Längenmaß noch als SSl. eingetragen. Bei Lr ist eine Nackenkrümmung noch kaum angedeutet, und auch bei EB beträgt die meßbare längste Linie erheblich mehr als der Nl. zukommt. Dagegen zeigen Mi und. besonders *α* eine starke Zusammenkrümmung des Körpers.

Bezeichnung	Nl.	SSl.	Kt.	Alter	Schnitt-richtung
Dd	20 (?)	—	—		quer
Mr	22	29	11.5	8 Wochen	„
Wt	—	28	13.7		sagittal
Lo	—	29	14		quer
Bg	—	30	16		sagittal
Cl	—	31 (?)	16 (?)		„
Re	—	31	17		quer
No	—	—	18		sagittal
Oe	—	42	20	11 Wochen	quer
Stg	—	46	20		„
Doed	—	50 [1]	20		„
Modell	—	50	20		Modelle Ziegler No. 6 bis 8
Bi	—	53	22		gezeichnet Figg. 9, 46, 47, 53, 54
Ma	—	56	24		quer
Cr	—	60	25	4. Monat	„
Pi	—	60 (?)	25 (?)	4. Monat	„
Cc	—	83	33 (?)	4. Monat	„
Z	—	90	35	4. Monat	Zeichnung Fig. 48
Pl	—	120	50 (?)	Ende des 4. Monats	quer
CP	—	160	60	Mitte des 5. Monats	„

Nl. Nackenlänge, SSl. Scheitelsteißlänge, Kt. Kopftiefe der Embryonen und Foetus. Die unterstrichenen Zeitwerte sind nach der zuletzt stattgehabten oder der zuerst ausgebliebenen Periode berechnet. Die übrigen Werte beruhen auf Schätzungen. Hinsichtlich der Schnittrichtungen unterscheide ich nur zwischen quer und sagittal und fasse unter ersterer Bezeichnung alle Schnittrichtungen zusammen, die senkrecht zur Mittelebene geführt sind, also auch Frontal- und Schrägschnitte. Bei der Krümmung der Embryonen läßt sich ja überhaupt eine andere Unterscheidung nicht machen. Maße in mm. Da, wo hinter den Zahlen Fragezeichen stehen, beruhen sie auf Schätzung. Die in früheren Arbeiten besprochenen jüngeren Stufen Lg, Rf, BB u. a. habe ich in die Tabelle nicht mit aufgenommen.

[1]) In meinem Aufsatz über Nasen- und Gaumenbildung (Abh. der Königl. sächs. Ges. d. Wiss., Math.-phys. Kl. Bd. XXVIII, III S. 353) habe ich die SSl. von Foetus Doed. zu 46 mm angegeben. Es liegt, wie ich nachträglich gefunden habe, eine Verwechslung mit einer anderen Aufzeichnung vor. Die SSl. betrug am frischen Präparat 50 mm.

KÖLLIKER, TOLDT[1]) u. a. besitzen. Dabei stößt man aber zunächst auf die Schwierigkeit verschiedener Meßlinien. ARNOLD mißt die Scheitelsteißlänge, TOLDT die Fersenscheitellänge, KÖLLIKER, der das letztere Maß mit Recht als unsicher verwirft, mißt die „Rumpflänge", womit aber anscheinend auch die Scheitelsteißlänge gemeint ist. Die Figuren von SÖMMERING sind in natürlicher Größe wiedergegeben und sie eignen sich somit zu genauen Nachmessungen. ECKER (Archiv f. Anthropol. Bd. III S. 205ff.) gibt Körperlängen an ohne Angabe der Endpunkte der Messung, ebenso v. MIHALKOVICS (Entw. d. Gehirns 1877 S. 158). E. H. WEBER, auf den sich ECKER bezieht, hebt ausdrücklich hervor, daß die Altersangaben der Autoren bloß Schätzungen sind und fügt bei, daß man sich gewöhnlich an Vergleichung mit den Abbildungen von SÖMMERING halte. Bei keinem der Autoren finden sich aber die Unterlagen verzeichnet, auf denen ihre Altersschätzungen beruhen. Nach meinem Dafürhalten ist es ein dringendes Bedürfnis, daß an einer größeren gynäkologischen Anstalt systematische Messungen aller Frühgeburten vorgenommen und zu den Daten der Anamnese in Beziehung gebracht werden.

Die Entwicklung des Zentralnervensystems bis zum Schluß des ersten Monats.

Grundform des Wirbeltierhirns und jüngste menschliche Gehirnformen.

Das Gehirn aller kranioten Wirbeltiere stellt sich auf frühen Stufen der Entwicklung als ein gekrümmtes Rohr dar, das sich in bekannter Weise in die drei Hauptabschnitte: Vorderhirn, Mittelhirn und Rautenhirn gliedert. Die basale Achse des Rohres trifft in der Area reuniens mit dem Ende des Vorderdarmes und dem der Chorda zusammen (Fig. 1, S. 9). Diese Verbindung löst sich indessen frühzeitig, und indem sich zunächst das blinde

---

[1]) S. TH. SÖMMERING, Icones embryonum humanorum. Frankfurt a/M. 1799. — FR. ARNOLD, Handbuch d. Anatomie d. Menschen. Freiburg i/B. 1851. Bd. II S. 1210. — E. H. WEBER in der Anatomie von HILDEBRANDT, Bd. IV S. 22. — A. KÖLLIKER, Grundriß der Entwicklungsgeschichte des Menschen usw. Leipzig 1884 S. 150. — C. TOLDT, Über die Altersbestimmung menschlicher Embryonen. Prager medizinische Wochenschrift 1879. Sep.-Abz.

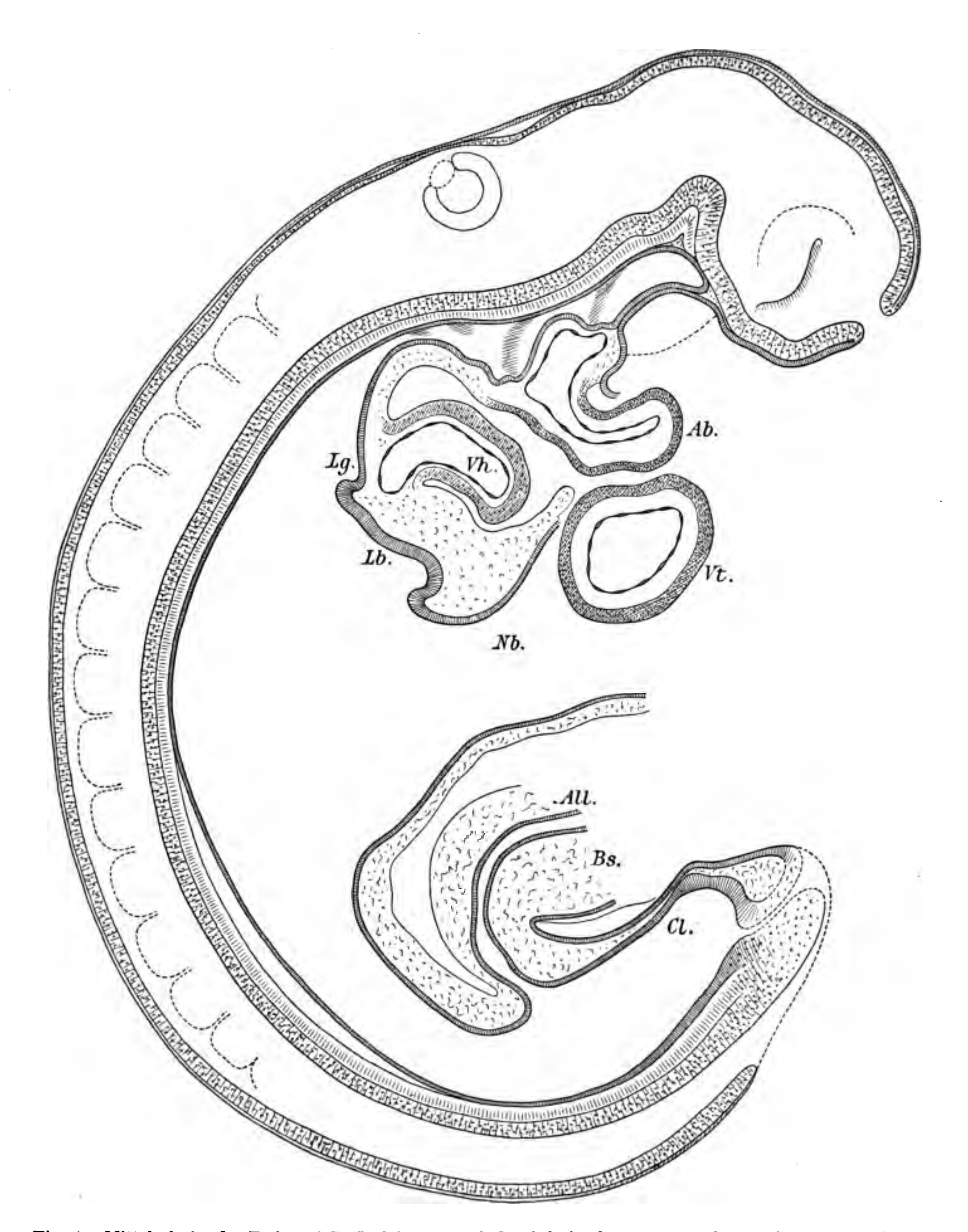


Fig. 1. Mittelschnitt des Embryo EB (L. 3.2 mm) nach den Schnittphotogrammen konstruiert. Vergr. 60fach. In der Area reuniens treffen das Ende der Chorda, das des Vorderdarmes, die basale Hirnachse und die noch undurchbrochene Rachenhaut zusammen. Die Chorda liegt dem Medullarrohr noch allenthalben an. Im Vorderhirn findet sich noch ein offener Neuroporus. Im übrigen sind die Hauptabteilungen des Gehirnrohres bereits erkennbar. Der Zugang zur Augenblase ist noch ein hoher Schlitz. Der Ort der Schlundtaschen ist durch Schraffierung angegeben.

Ab. = Aortenbulbus | *Cl.* = Cloake | *Nb.* = Nabelblase
All. = Allantoisgang | *Lb.* = Leberanlage | *Vh.* = Herzvorhof
Bs. = Bauchstiel | *Lg.* = Lungenanlage | *Vt.* = Herzventrikel.

(Zu Seite 8.)

Vorderdarmende (die SEESSELsche Tasche) von der Gehirnbasis zurückzieht, entsteht zwischen beiden ein Raum, in den von der Mundbucht aus die Hypophysentasche sich eindrängt.[1] Die Anfänge der Gehirngliederung und insbesondere die breiten Ausladungen der Augenblasenanlagen machen sich an der Medullarplatte schon geltend, bevor noch deren Ränder zum Rohr zusammengetreten sind.[2]

Fig. 2. Modell des Gehirns vom Embryo EB, von der Seite her gesehen. Die Hemisphärengrenze ist bereits erkennbar. Die Stelle des Neuroporus ist durch den ektodermalen Umschlagsrand bezeichnet.

Von menschlichen Gehirnen bald nach erfolgtem Schluß habe ich in der Anatomie menschlicher Embryonen (Taf. IX, Fig. 6 bis 10 und Fig. 12, Lg, BB, Rf) einige Konstruktionsbilder mitgeteilt. Seit jener Zeit habe ich (1894) den vorzüglich erhaltenen Embryo EB (3.2 mm lang) aus der Leiche einer, vierzehn Tage nach ausgebliebener Periode suizidierten Frau bearbeiten können. Dessen Gehirn ist nach den photographierten Schnitten bei 100facher Vergrößerung als Plattenmodell hergestellt worden (Fig. 2). Es erscheint abgesehen von den Augen, blasen, in seinen verschiedenen Strecken seitlich abgeflacht, durchweg höher als breit und ist bis auf eine enge, im Vorderhirn befindliche Öffnung geschlossen. Die beiden Abschnitte des zweischenkligen Rohres bilden miteinander einen nahezu rechten Winkel. Der Grund der Sattelspalte schneidet tief in die Basis des die beiden Schenkel verbindenden Mittelhirns ein. Noch ist das Rautenhirn erheblich länger als das Vorderhirn. Längs der Mittelachse des Konstruktionsbildes gemessen fallen auf das

[1] Zu vergl. meine älteren Aufsätze: „Zur allgemeinen Morphologie des Gehirns“, HIS u. BRAUNES Archiv 1892 S. 346 ff. und „Über die Vorstufen der Gehirn- und Kopfbildung bei Wirbeltieren“, ebendas. 1894 S. 313 ff.

[2] Für den menschlichen Embryo erläutert dies das von FR. ZIEGLER in den Handel gebrachte Modell von ETERNOD (Anat. Anz. 1899 Bd. XVI S. 134 ff.).

Rautenhirn 85 mm = 54.84 %
Mittelhirn 27 „ = 17.42 %
Vorderhirn 43 „ = 27.74 %.

Die Augenblase hängt zur Zeit mit dem Vorderhirn noch jederseits durch einen hoch hinaufreichenden Stiel zusammen, ist aber bereits etwas nach hinten übergelagert. Vom Hemisphärengebiete sondert sie sich durch eine seichte, rostralwärts breit auslaufende Furche. An der Basis beginnt die Hemisphärenanlage schmal, scheitelwärts läuft sie mit gerundeter Anschwellung aus. Die Basis bis zur Höhe des Neuroporus entspricht dem späteren Rhinencephalon, die obere Anschwellung dem späteren Pallium. [1]) Die die Hemisphärenanlage an der Außenfläche begrenzende Furche veranlaßt innen eine niedrige, rostralwärts breit auslaufende Emporwölbung der Wand, die Anlage des Streifenhügels. Auf diese Verhältnisse, sowie auf die weitere Formentwicklung des Gesamthirns werde ich später zurückkommen und ich wende mich zur histologischen Besprechung des frühembryonalen Markrohres.

Das Markrohr und seine histologische Entwicklung.

Das Markgerüst.

Über die histologische Gliederung des Markrohres habe ich mich bei frühern Gelegenheiten wiederholt ausgesprochen. [2]) Sie beginnt mit der Bildung des von Lückenräumen allseitig durchzogenen Markgerüstes oder Myelospongiums, das seinerseits aus der ursprünglich vorhandenen undurchbrochenen Epithelplatte hervorgeht. Die Elemente des Markgerüstes, die Spongioblasten, verteilen sich auf jüngeren Stufen durch den Raum

---

[1]) Die Sonderung des Hemisphärengebietes vom übrigen Vorderhirn ist schon in sehr früher Zeit, d. h. sobald die Augenblasen als selbständige Wülste hervortreten, möglich. Demgegenüber findet sich in Monographien und in Lehrbüchern vielverbreitet die Lehre, daß das Hemisphärenhirn ein sekundär entstehender Auswuchs des primären Vorderhirns, daß es, wie v. Mihalkovics (Entw. d. Gehirns 1877 S. 34) sich ausdrückt, keine mit den übrigen Gehirnbläschen homologe Bildung sei. Noch weiter geht Rauber, der das Endhirn geradezu als einen „Auswuchs des Zwischenhirns" bezeichnet (Lehrbuch 6. Aufl. II 941). Diese Darstellungsweise gibt leicht Anlaß zu Mißverständnissen und ist daher zu verlassen.

[2]) Von meinen älteren Arbeiten zitiere ich die von 1883 „Über das Auftreten der weißen Substanz und der Wurzelfasern", His u. Braunes Archiv 1883 S. 165 und „Zur Geschichte des Rückenmarks", 1886, Abhandl. der k. s. Ges. der Wissensch. math.-phys. Kl. Bd. XIII S. 485 und „Die Neuroblasten und deren Entstehung etc.", 1889, ebendas. Bd. XV S. 313 ff.

der Platte derart, daß ihre Kerne beiderseits bis nahe an deren Grenze heranreichen, auch sind sie zu der Zeit noch nicht scharf orientiert. Immerhin stehen die Kerne schon jetzt vorwiegend radiär und auch die Plasmabälkchen verlaufen, besonders im inneren Abschnitte, meistens senkrecht zur Oberfläche. Sowohl an der innern wie an der äußern Oberfläche der Platte fließen die Plasmabalken zu einer fortlaufenden Schicht, der M. limitans interna und M. limitans externa zusammen (Fig. 3). Von der vierten Woche ab tritt im Markgerüst die Schichtengliederung schärfer hervor. Die Kerne sammeln sich in einer breiten Mittelzone, welche nach einwärts und nach auswärts von kernlosen bez. kernarmen Zonen überragt wird. Sie liegen innerhalb dieser Zone dicht gedrängt, am dichtesten im innern Abschnitte, und hier treten auch am schärfsten ihre gestreckten Formen und ihre radiäre Anordnung zutage (Fig. 4, S. 13). Vielfach zeigen sie Birnenform mit einwärts gerichteter Zuspitzung. Der innere Teil der zugehörigen Zellenleiber geht in je einen, mehr oder minder schmalen, längsstreifigen Pfeiler über, der mit trompetenartiger Verbreiterung in die M. limitans interna sich einfügt. Demgemäß erscheint die an die innere Grenzhaut anstoßende Schicht des Markgerüstes (die Columnar- oder Säulenschicht) von einem System paralleler, senkrecht zur Oberfläche stehender Spalten durchsetzt.

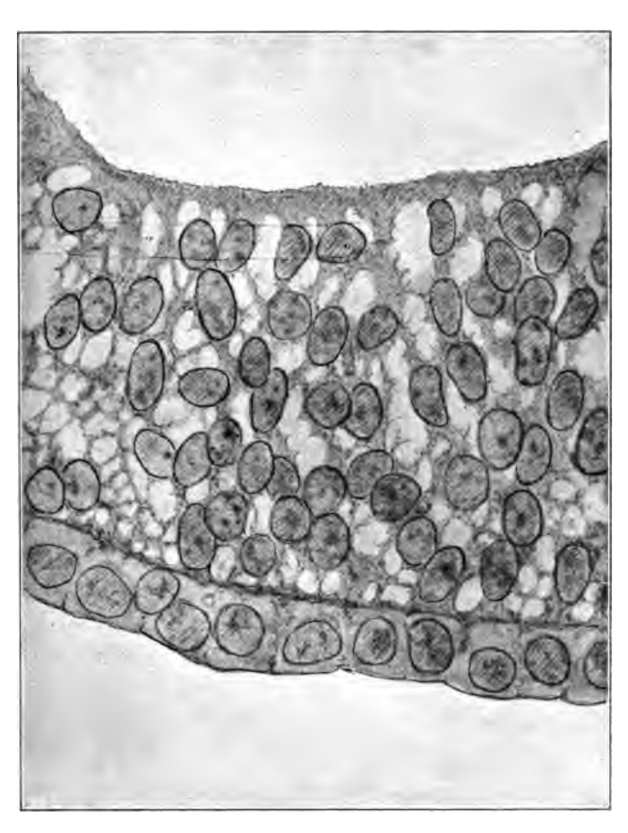


Fig. 3. Markgerüst vom Embryo EB mit den beiden Mm. limitantes. An die M. limitans externa stößt das epitheliale Hornblatt. Die meisten Kerne sind noch rundlich oval, eine Schichtentrennung ist noch kaum eingeleitet. Überzeichnetes Photogramm.

Der äußere Abschnitt der Kernzone zeigt die Kerne etwas minder dicht und auch weniger scharf orientiert gelagert. An ihn schließt sich ein engmaschiges kernfreies Plasmanetz an, der Randschleier (Fig. 5, S. 14). Die Maschen sind im allgemeinen rundlich und enger als die Durchmesser

der Kerne. Ich habe dies Maschenwerk von Anfang ab für ein geschlossenes gehalten, in dem Sinn, daß die benachbarten Spongioblasten untereinander in syncytiale Verbindung treten. Dagegen ist eingewendet worden, daß Silberpräparate das aus den Epithelzellen hervorgehende Gerüst mit frei

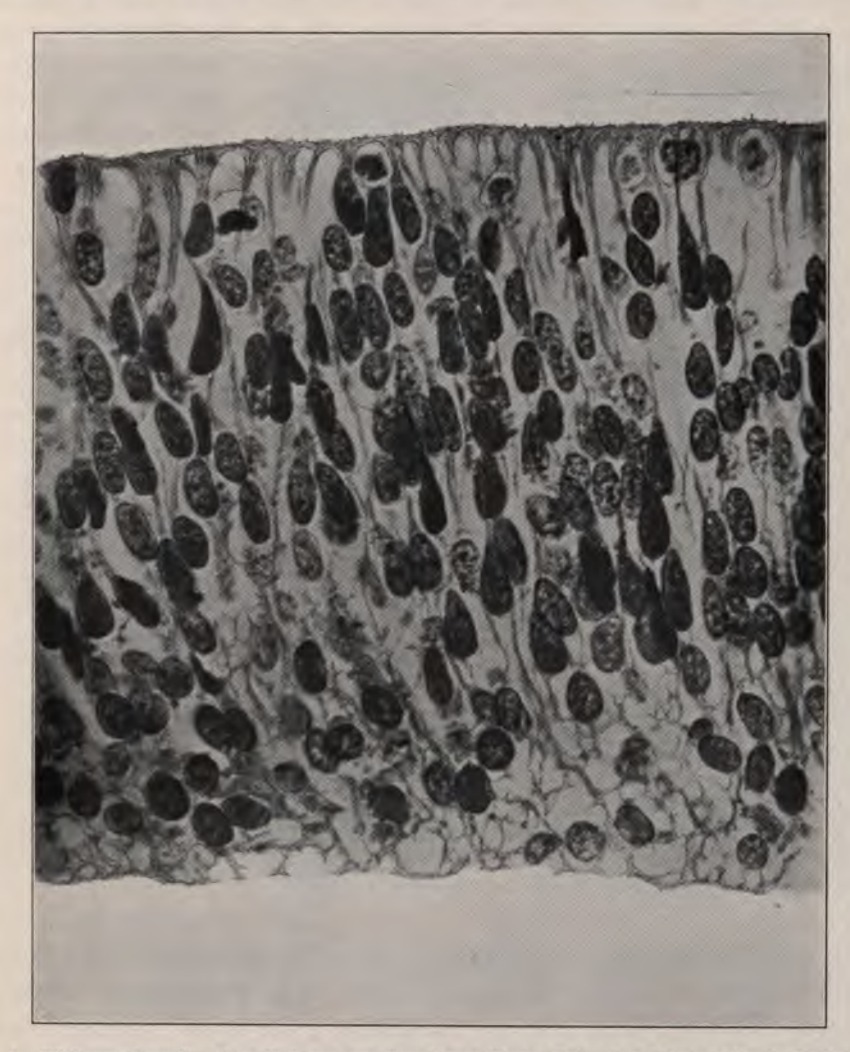


Fig. 4. Rückenmarksgerüst eines Embryos aus der vierten Woche (Pt.). Der Schnitt zeigt die M. limitans interna und die in sie eintretenden Spongioblastenpfeiler, zahlreiche Spongioblastenkerne und nach außen hin die Anfänge eines Randschleiers. Neuroblasten sind keine vorhanden, dagegen erkennt man einige Keimzellen (Photogramm ein wenig retuschiert). (Zu Seite 12.)

auslaufenden Stümpfen zeigen. Ich lasse es dahingestellt, ob dies Verhalten als vorübergehendes auftritt; der bleibenden Anordnung entspricht es, meiner Überzeugung zufolge nicht, die Plasmabälkchen treten in der Tat zu einem allseitigen Maschenwerk zusammen, und auch das Vorhandensein der Grenz-

häute beweist das Zustandekommen von Verbindungen zwischen Bestandteilen verschiedener Zellenterritorien. [1])

Die M. limitans externa vermisse ich bei manchem meiner Schnitte, und das Markgerüst erscheint hier nach außen hin offen und von einem klaffenden Spaltraum umgeben. Es handelt sich dabei wohl stets um eine durch die Präparation bedingte Losreißung der äußern Grenzschicht vom übrigen Markgerüst. Losgerissene Reste vom Randschleier finden sich häufig der Mesenchymwand anhaftend. Bei den jüngeren Stufen habe ich die Limitans externa nie vermißt.[2]) Da wo die Schicht an mesenchymatöses Ge-

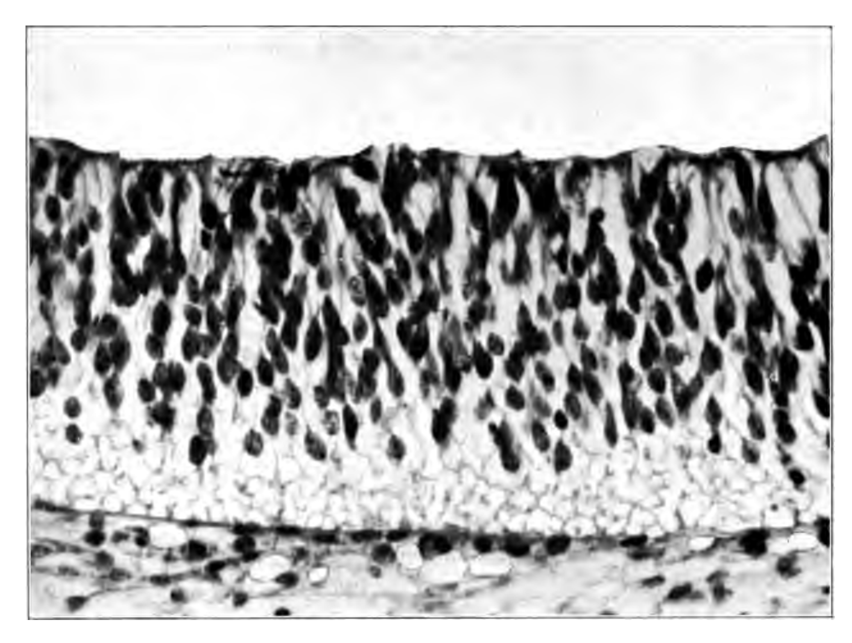


Fig. 5. Markgerüst aus der Hemisphärenwand vom Embryo N (Nl. 10.9). Das Präparat zeigt den von eingelagerten Nervenzellen und Fasern freien Randschleier dicht bis an die Limitans meningea heranreichend. (Zu Seite 12.)

webe anstößt, verdichtet sich dieses zu einer dünnen Haut, der M. limitans meningea, unter der in der Folge reiche Kapillarnetze auftreten.

---

[1]) Kölliker, Gewebelehre 6. Aufl. 1896 II 137 spricht sich in der Hinsicht vorsichtig aus. Er hebt zwar hervor, daß Golgische Präparate keine Spur von Verschmelzung der Ependymfasern zeigen, meint aber, es bleibe dahingestellt, welche Behandlungsweise der Präparate mehr Vertrauen verdiene. Bei der Spezialbeschreibung eines fünfwöchentlichen menschlichen Embryo (S. 133) schildert Kölliker die Neuroglia der weißen Substanz als „ein zierliches feinstes Gitterwerk“.

[2]) Über das konstante Vorkommen und die Rolle der M. limitans externa vergleiche man den Aufsatz von Held: „Über den Bau der Neuroglia“, Abh. der k. s. Ges. der Wissensch. math.-phys. Kl. 1903 Bd. XXVIII S. 201 ff.

Die M. limitans interna finde ich im allgemeinen nicht glatt, sondern etwas rauh abgeschlossen. Auf jüngern Stufen begegne ich überdies unregelmäßig gestalteten, nach einwärts über die Haut hervorragenden Protoplasmafortsätzen. Selbst kernhaltige Keimzellen können stellenweise an der Innenseite der Limitans liegen. Solche innere Protoplasmafortsätze finde ich auch an Schnitten frisch eingelegter tierischer Embryonen (Katze, Kaninchen). Ob sie eine physiologische Bedeutung haben, oder ob sie im Moment des Absterbens und unter dem Einfluß des Fixationsmittels hervorgetreten sind, das bedarf noch genauer Prüfung. — Die innere Grenzhaut zeigt sich in der Flächenansicht aus mehr oder minder unvollkommen geschlossenen Ringen gebildet (Fig. 6). Die von den Ringen umgebenen Felder sind von Doppellinien eingefaßt, im übrigen aber leer. Es zeigt dies, daß das in den Spongioblastenleibern sich sondernde Faserwerk unmittelbar unter deren Oberfläche sich anlegt. Dasselbe Verhalten läßt sich auch für die Gerüstbildung im Außenteil der Spongioblasten erschließen.



Fig. 6. Streifschnitt durch die innere Wand des Markrohres vom Embryo T. An zwei Stellen ist die M. limitans interna als gefelderte Bildung zu sehen.

Das Markgerüst des Rückenmarks und des Gehirns ist ursprünglich von Nervenzellen und Nervenfasern frei, die Einlagerung erfolgt schrittweise und, da die Entwicklung der Nervenzellen nicht allenthalben gleichzeitig vor sich geht, so zeigen gewisse Bezirke ein leeres Markgerüst, wenn andere schon reich an Zellen und Fasern sind. So finde ich bei Embryo N, bei dem das Rückenmark und das verlängerte Mark schon weit fortgeschritten sind, das Markgerüst der Hemisphären zierlich angelegt, aber noch völlig inhaltsleer (Fig. 5).

Das so früh sich ausbildende Markgerüst erhält sich als bleibender Bestandteil der späteren Neuroglia. Die Glia enthält aber mehr, als das primäre Markgerüst: Zu den radiär angeordneten Spongioblasten, die aus den anfangs vorhandenen Epithelien hervorgegangen sind, kommen in der Folge als neue Bildungen die DEITERSschen Sternzellen hinzu und die von WEIGERT so eingehend bearbeiteten Fasersysteme. Auf gewisse Beobachtungen gestützt, hatte ich früherhin angenommen, daß, außer den ins Mark hineinwachsenden Blutgefäßen noch anderweitige mesodermale Elemente einwandern und an der Bildung der späteren Glia teilnehmen, speziell glaubte ich die DEITERSschen Zellen als Bindesubstanzzellen deuten zu müssen. Dagegen haben sich RAMON Y CAJAL, KÖLLIKER, RETZIUS, LENHOSSEK u. a. ausgesprochen, und ich habe in der Folge, auf Grund meiner erweiterten Erfahrungen die Annahme aufgegeben. Ich halte jetzt gleichfalls dafür, daß die sämtlichen Zellen des Gliagerüstes aus Elementen der ursprünglichen Markplatte hervorgegangen sind. Die DEITERSschen Sternzellen fügen sich als spätere Bildungen dem primären Markgerüst ein, dessen ursprünglichen Charakter sie mehr oder minder auffällig verändern. In betreff der WEIGERTschen Fasern verweise ich auf die oben zitierte Arbeit von HELD, der dargetan hat, daß sie durch eine Differenzierung innerhalb des protoplasmatischen Zellengerüstes entstehen.

Als die verschiedenen Entwicklungsstufen der Neuroglia haben wir somit:

1) das primäre Spongioblastengerüst mit ausgeprägt radiärer Anordnung seiner Bestandteile;
2) das sekundäre, durch DEITERSsche Zellen erweiterte Markgerüst, dessen Maschengefüge in den verschiedenen Bezirken von Gehirn und Rückenmark ein wechselndes zu sein pflegt;
3) die voll ausgebildete Neuroglia mit WEIGERTschen Fasern.

Von welchem Zeitpunkt ab man von differenzierten WEIGERTschen Fasern reden darf, mag hier unerörtert bleiben. Dagegen ist zu betonen, daß wenn man der Neuroglia die Bedeutung eines Stützgerüstes zuschreibt, diese Leistung zunächst den WEIGERTschen Fasern und den Grenzhäuten zukommt. Das plasmatische Zellengerüst ist lebende Substanz, und es ist vorauszusetzen, daß ihm als solcher noch besondere physiologische Aufgaben zufallen. In erster Linie kommt, solange die Entwicklung der Zentralorgane andauert, das selbständige Wachstum des Markgerüstes in Betracht. Ganz allgemein geht die Gerüstentwicklung dem Auftreten von Nervenzellen und von Nervenfasern voraus und da wo es zur Verwachsung vorher getrennter Teile kommt, wie z. B. bei der Bildung der vordern Kommissur und des Balkens, da vermittelt zunächst das Markgerüst die Verbindung, und erst nachträglich erfolgt das Einwachsen von Fasern. Inwieweit überdies dem plasmatischen Markgerüst der ausgebildeten Zentralorgane eine nutritive oder

anderweitige physiologische Leistung zukommt, das bedarf weitergehender Erforschung.[1]) In betreff der Terminologie scheint mir übrigens kein Grund vorzuliegen, weshalb man nicht die Bezeichnung Markgerüst oder Myelospongium auch für das plasmatische Zellengerüst der ausgebildeten Neuroglia beibehalten soll.

Die Keimzellen.

Unter der inneren Grenzschicht liegen in den Maschen der Säulenschicht die Keimzellen als auffallend helle, meist kuglig gestaltete Ele-

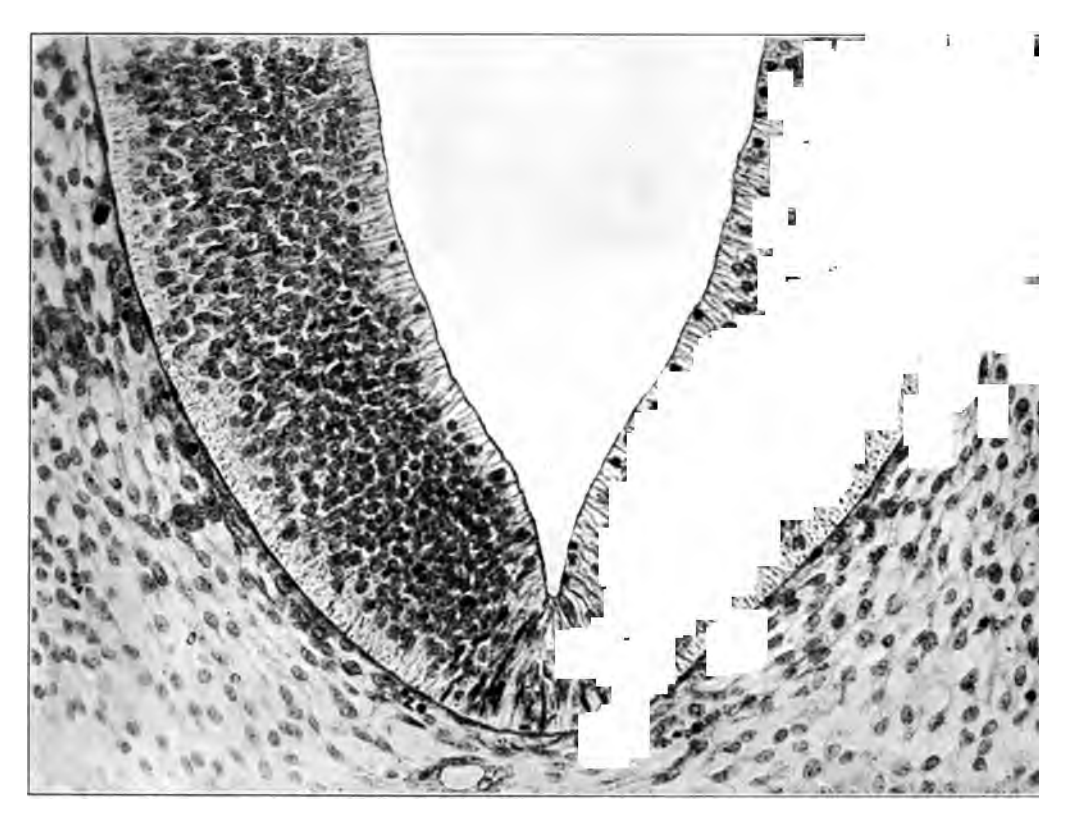


Fig. 7. Durchschnitt durch die Basis des Hirnrohres vom Embryo T. Die Figur zeigt in der Säulenschicht zahlreiche Keimzellen. Nach außen reicht der Randschleier bis zur M. limitans meningea.

mente, deren Kerne vielfach in Mitose begriffen sind (Fig. 7 u. 8). Es ist leicht nachzuweisen, daß durch einseitiges Auswachsen aus ihnen birnenförmige Neuroblasten hervorgehen. Sie sind indessen, wie ich schon bei

---

[1]) Eine Aufzählung verschiedener in der Literatur aufgestellter Vermutungen betreffend die physiologische Bedeutung der Neuroglia gibt HELD l. c. S. 297 ff.

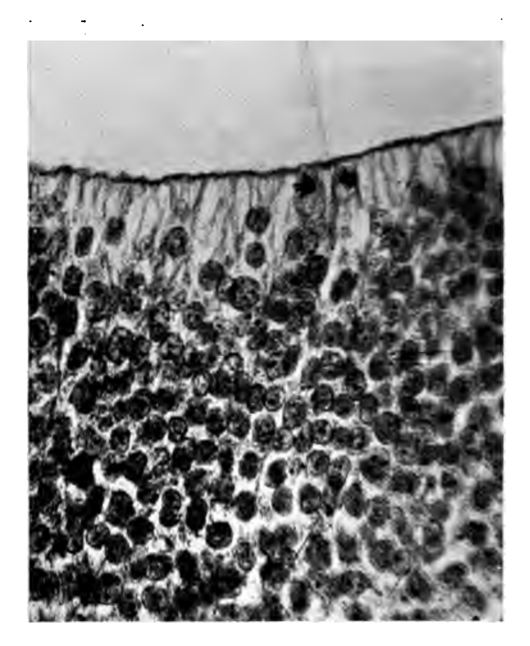


Fig. 8. Aus demselben Präparate. Säulenschicht mit Keimzellen. (Zu Seite 17.)

früherem Anlaß zugegeben habe[1]) auch bei der Bildung von neuen Generationen von Gliazellen beteiligt. Ihrerseits scheinen sie aber nicht, wie ich früher voraussetzte, in ununterbrochener Reihenfolge auseinander hervorzugehen, denn man begegnet Entwicklungsstufen, in denen streckenweise keine Keimzellen vorhanden sind, so z. B. in der Hemisphärenanlage. — Wenn in solchen Strecken nachträglich Keimzellen und Neuroblasten sich entwickeln, so müssen sie, wie dies SCHAPER[2]) angenommen hat, aus undifferenzierten Markzellen hervorgehen.

Meine besten Präparate über Keimzellen und deren Mitosen

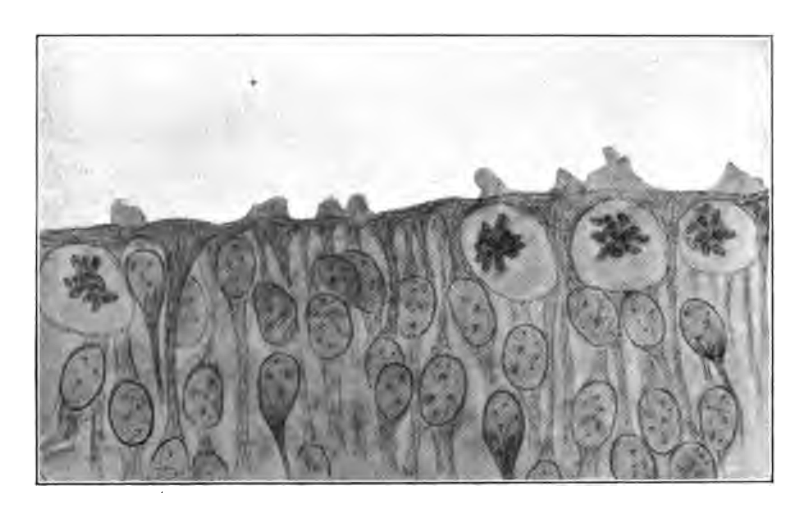


Fig. 9. Aus demselben Präparat, photographiert mit Apochromat Zeiß 2 mm und nachträglich, da das Photogramm zu blaß war, überzeichnet. In den großen runden Keimzellen zeigen sich die frei hervortretenden Chromosomen als kurze gerundete Stäbchen. Die M. limitans interna wird stellenweise von Plasmafortsätzen überragt. (Zu Seite 19.)

[1]) Im Aufsatz „Über das Prinzip der organbildenden Keimbezirke und die Verwandtschaft der Gewebe“ HIS, Archiv 1901, S. 330 ff.

[2]) A. SCHAPER, Die frühesten Differenzierungsvorgänge im Zentralnervensystem. Archiv für Entwicklungsmechanik 1897 Bd. V S. 81 ff.

lieferte mir der etwa $3^1/_2$ Wochen alte Embryo T. Er war von einem hiesigen Arzt durch Auskratzen der Uterushöhle gewonnen und mir sofort überbracht worden. Ich fixierte mit RABLschem Platingemenge und schnitt, allerdings etwas dick, zu 10 μ. Die hellen kugligen oder ovalen Keimzellen heben sich sehr schön von ihrer Umgebung ab, sie liegen meist in kleinen Gruppen von zwei oder drei beisammen. Ihr Durchmesser beträgt zwischen 10—14 μ. Die Chromosomen erscheinen als kurze, häufig etwas gekrümmte Stäbchen (Fig. 9, S. 18). Die Zahl der Chromosomen schätze ich zu 24 in einer Zelle. Ich konnte zwar nie bis 24 zählen, dagegen fand ich wiederholt, daß wenn ich deutlich bis zwölf zählen konnte, dies ungefähr die Hälfte des Chromosomenkomplexes ausmachte. Fig. 9 zeigt solche Keimzellen in einer überzeichneten Photographie.

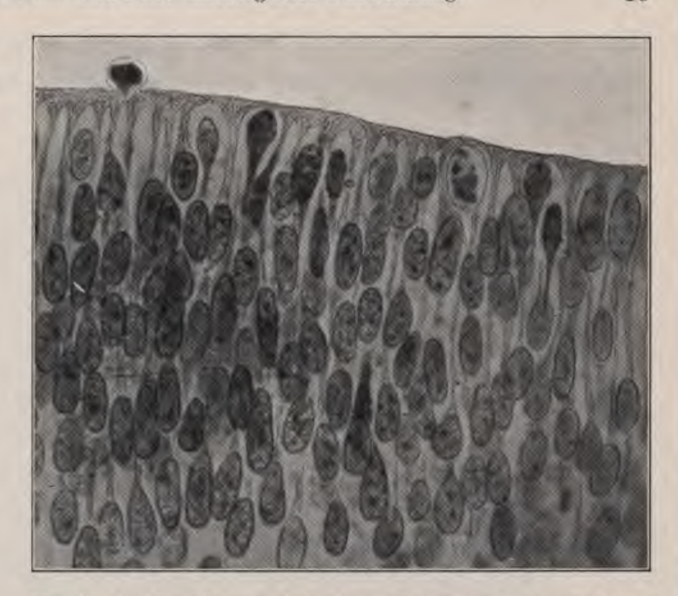


Fig. 10. Aus der Rückenmarkswand vom Embryo Br 3. Spongioblasten und Neuroblasten, links eine die Grenzhaut überragende Zelle. (Zu Seite 21.)

Die Neuroblasten und deren diagnostische Merkmale.

Von früh ab nimmt, zugleich mit der Wanddicke des Markrohres, die Menge der in ihm sich anhäufenden Zellenkerne zu. Je gedrängter sie liegen, um so mehr nehmen sie gestreckte Formen an, und es fragt sich, welche diagnostische Merkmale wir haben, um in dem Gewirre von Kernen Spongioblasten- und Neuroblastenkerne voneinander zu unterscheiden. In beiden Kategorien begegnen wir Birnformen, aus dieser Formeigentümlichkeit läßt sich somit keine Unterscheidung ableiten. Entscheidend ist nur das Verhalten der Zellfortsätze,



Fig. 11. Neuroblasten in kornährenförmiger Anordnung. Verlängertes Mark vom Embryo Se (Nl. 18 mm). Ursprung sensibler Schleifenfasern. Prismenzeichnung. (Zu Seite 22.)

und wo diese letzteren nicht sichtbar sind, wie z. B. bei quer- oder schräggeschnittenen Kernen, da wird, wenigstens in früheren Stufen, die Diagnose

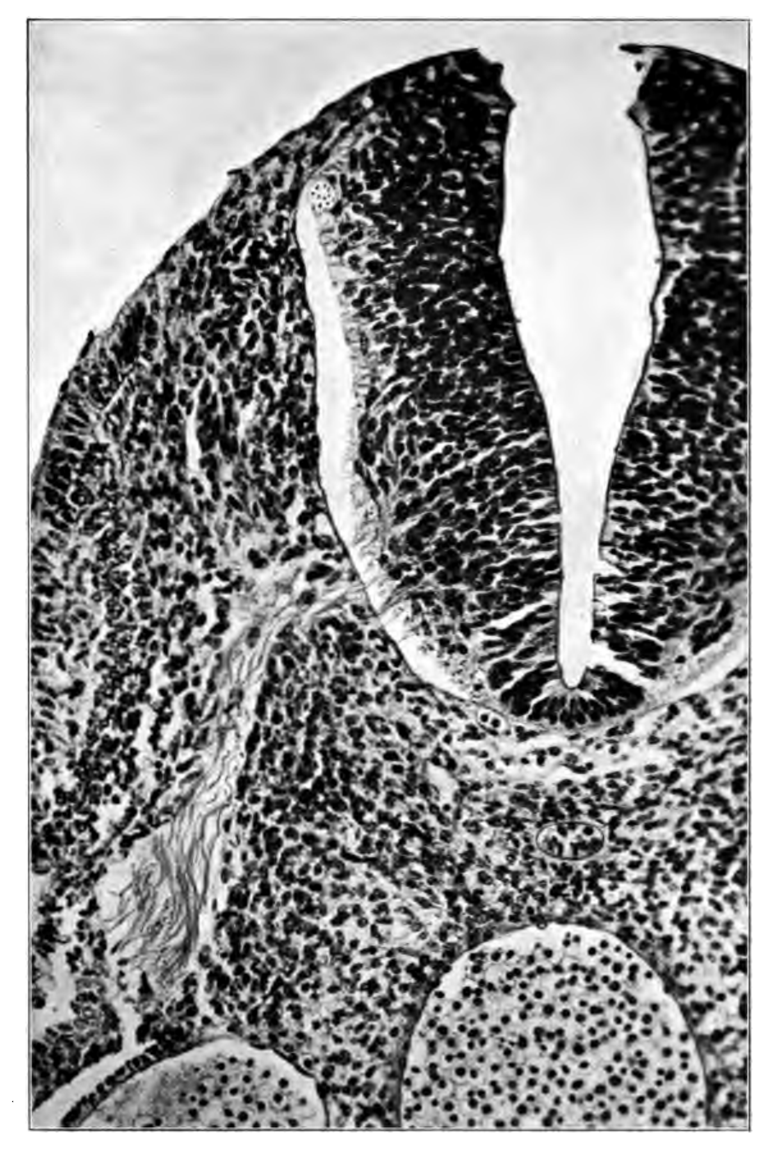


Fig. 12. Querschnitt durch das Rückenmark vom Embryo Br. 3. Motorische Wurzeln und Stumpf eines Rumpfnerven. Das helle Feld des Hinterstranges ist nach anderen Durchschnitten eingezeichnet, da es im vorliegenden Photogramm nicht besonders scharf hervortrat. (Zu Seite 22.)

oft recht mißlich. Von den zahlreichen Zellen mit gestreckt birnförmigem Kern, die die Wand des Markrohres gegen Ende des ersten Monats enthält, entsendet die Mehrzahl je einen längsgestreiften Pfeiler nach einwärts zur

inneren Grenzhaut. Damit charakterisieren sich diese Zellen ohne weiteres als Spongioblasten, und dasselbe gilt von den Zellen, deren Anschluß an das allgemeine Markgerüst nach außen hin nachweisbar ist (Fig. 10, S. 19).



Fig. 13. Aus demselben Präparat, etwas stärker vergrößert. Man sieht die Neuroblasten, deren Fortsätze teils gegen den Wurzelaustritt konvergierend zusammenlaufen, teils auch die vorderen Wurzelfasern kreuzen. Die Anlage des Vorderstranges gibt sich in Form dunkler Punkte zu erkennen, die in den Maschen des Randschleiers liegen. (Zu Seite 23.)

Der positive Beweis für die Neuroblastennatur einer Zelle ist dann geleistet, wenn deren Zusammenhang mit einer Nervenfaser feststeht. Das histologische Gepräge, auch der frühembryonalen Nervenfasern ist aber ein sehr charakteristisches, sie zeichnen sich aus durch ihr gleichmäßiges Kaliber,

ihren leicht wellenförmigen Verlauf, und sie können nicht übersehen werden, wenn ihrer auch nur wenige vorhanden sind. Die aus benachbarten Neuroblasten stammenden Nervenfasern pflegen unter konvergentem Verlauf zu Bündeln zusammenzutreten. Als solche Bündel erscheinen schon die ersten motorischen Wurzeln. Die an der Bildung von Faserbündeln beteiligten Neuroblasten, soweit sie nicht endständige Gruppen bilden, liegen den Bündeln der Länge nach ein- oder seitlich angelagert, ein dabei häufig



Fig. 14. Schnitt durch das verlängerte Mark eines Forellenembryos von $6^1/_2$ mm Länge. Man sieht (besonders links vom Beschauer) Scharen von Neuroblasten mit dunkeln Spitzen. (Zu Seite 23.)

wiederkehrendes Bild ist das einer kornährenartigen Anordnung (Fig. 11, S. 19). Da, wo Neuroblasten zwischen vorhandenen Faserbündeln regellos zerstreut liegen, haben wir keinen Grund, sie als deren Ursprungszellen anzusehen. Ziemlich früh beginnt der Protoplasmaleib der Neuroblasten etwas anzuschwellen, und gegen Ende des zweiten Monats haben auch manche derselben ihre einfache Birnform aufgegeben und am Gegenpol ein oder mehrere kurze Fortsätze entwickelt.

Das auswachsende Ende der in Bildung begriffener Nervenstämmchen pflegt sich während der Dauer seiner Ausbreitung als ein von der Umgebung deutlich sich abhebender Stumpf darzustellen (Fig. 12, S. 20). Solange der Stumpf beisammen bleibt, vermag man dessen successives Vor-

rücken schrittweise zu verfolgen. Dies gilt nicht allein von peripherischen Nervenstämmen, sondern auch von zentral auswachsenden, wie z. B. von der spinalen Trigeminuswurzel.

Im Querschnitt erscheint jedes Fäserchen als dunkler Punkt. Da wo die Fäserchen noch sparsam vorhanden sind, z. B. auf frühen Stufen der Stränge des Rückenmarkes und des verlängerten Markes, finden sie sich zerstreut in den Maschen des Markgerüstes, in der Regel den Gerüstbälkchen unmittelbar anliegend (Fig. 13, S. 21). Mit zunehmender Menge erfüllen sie die zuvor freien Räume. Allein auch bei peripherischen Nervenstämmen ist das Gefüge anfangs sehr locker, indem zwischen den wellig sich biegenden Fäserchen viel offener Raum frei bleibt. Solche junge Nervenstämmchen heben sich demnach als helle Straßen vom umgebenden Gewebe ab.

Eine Eigentümlichkeit junger Neuroblasten, die ich hier nicht übergehen darf, ist die leichte Färbbarkeit ihres Übergangsteils zur Faser. Diese Eigentümlichkeit findet sich weit verbreitet. Ich habe sie schon sehr auffällig bei Neuroblasten des Forellenhirns und Rückenmarks gefunden (Fig. 14, S. 22) und ich begegne ihr wieder in höchst bezeichnender Weise bei den in die Rindenschicht übergehenden Pyramidenzellen der Großhirnhemisphären menschlicher Embryonen. Wo solche dunklen Zellenkegel in größeren Gruppen beisammen liegen, da gestaltet sich das Bild zu einem sehr charakteristischen und es erlaubt keine Verwechslung mit Spongioblasten.

Die Gliederung des Medullarrohres in Längszonen.

Im allgemeinen besteht das Markrohr nach erfolgtem Schluß aus zwei dicken Seitenwandungen, die durch dünne Verbindungsstreifen untereinander zusammenhängen. Letztere habe ich bei früheren Anlässen als Bodenplatte und als Deckplatte bezeichnet.[1] Die Seitenwandungen zerfallen in eine ventrale und eine dorsale Hälfte. Für das Rückenmark reichen diese Bezeichnungen aus, beim Gehirn dagegen treten Verschiebungen ein, welche es wünschbar machen, Ausdrücke zu besitzen, die unabhängig von den Beziehungen zu Rücken und Bauch sind. Ich habe s. Z. die Ausdrücke Grundplatte und Flügelplatte vorgeschlagen, die mir selber indessen nur ein Notbehelf gewesen sind, und die ich gern gegen bessere vertauschen werde. Vielleicht erweisen sich die Bezeichnungen eines epencephalen und eines hypencephalen Bezirkes als brauchbar. Einen Hypothalamus haben ja in zweckmäßiger Weise schon die BNA eingeführt. Epencephale Teile sind demnach die Hemisphären von Groß- und Kleinhirn, der Thalamus, die Vierhügel und die Bindearme. Zu den Gebilden epencephalen Ursprunges gehören aber auch die in der ventralen Markhälfte gelegenen Olivenkerne, sowie ein Teil der Brückenkerne.

---

[1]) 1886; S. 483 und 1888; S. 350.

Die Schichtensonderung in den Wandungen des Markrohres.

Nach ihrer histologischen Verwendung lassen sich am Markrohr unterscheiden:

1) Strecken, die stets epithelial (ependymal) bleiben. Dahin gehören die Deckplatten des vierten, des dritten und der Seitenventrikel und das kaudale Endstück.

2) Solche, aus denen Neuroblasten, d. h. Nervenzellen und Nervenfasern hervorgehen; es sind dies die beiden dicken Seitenwandungen des Rohres.

3) Solche, in denen zwar keine Neuroblasten entstehen, die aber sekundär von Nervenfasern durchwachsen werden. Dahin gehören die verschiedenen Kommissurengebiete, die Bodenplatte des Rückenmarkes, des Rautenhirns und des Mittelhirns, sowie teilweise die Deckplatte der letztgenannten Teile und des Thalamushirns (Vermis cerebelli, Velum medullare anterius, Vierhügel, Commissura posterior und superior usw.). Man kann die Wandstrecken 2 u. 3 den ependymalen als neurale gegenüberstellen und unter sich als neuroblastische und neurophore (oder kommissurale) Bezirke unterscheiden.

Vom Ende der vierten und noch deutlicher von der fünften Woche ab lassen sich in den Seitenwandungen des Markrohres zwei kernhaltige Hauptschichten, die Innenplatte oder Matrix und die Mantelschicht, sowie eine kernfreie Randschicht, der sog. Randschleier unterscheiden (Fig. 15, S. 25). Die Innenplatte bewahrt längere Zeit hindurch den Charakter der primären Markplatte, sie enthält dicht gedrängte, radiär gestellte Kerne und zu innerst Keimzellen. Auch ist sie die Bildungsschicht der nach außen von ihr folgenden Gewebslagen. In der Mantelschicht lockert sich das Gefüge, und frühzeitig treten in ihr tangential gerichtete Neuroblasten und Bogenfasern auf.

Die grundlegenden Vorgänge histologischer Scheidung sind im gesamten Markrohr dieselben. In den verschiedenen Abschnitten des Markrohres, im Rückenmark, Rautenhirn, Mittelhirn und Vorderhirn tritt nach und nach der oben erwähnte Gegensatz hervor zwischen der dicht gefügten radiärstreifigen Innenplatte, der locker gefügten, Neuroblasten führenden Mantelschicht und dem kernfreien Randschleier. Wo die Wand an Dicke zunimmt, sind es Mantelschicht und Randschleier, die sich verbreitern, und zwar geschieht dies um so mehr, je rascher das Wachstum erfolgt; die Dicke der Innenplatte schwankt während der verschiedenen Entwicklungsstufen nur innerhalb enger Grenzen. Stellen, die im Dickenwachstum zurückbleiben, entwickeln überhaupt keine Mantelschicht und sind frei

von Neuroblasten. Der Randschleier erscheint, wie oben gezeigt wurde, zuerst als ein von Einlagerungen freies Maschenwerk. Anfangs als schmaler



Fig. 15. Rückenmark und Spinalganglion vom Embryo N. Am Rückenmark sieht man die Sonderung in die Innenplatte, die

peripherischer Saum auftretend, nimmt er während geraumer Zeit an Breite stetig zu, und wird zum Lager für neu auftretende nervöse Bestandteile. An bestimmten Stellen häuft sich der Randschleier reichlicher an, als an

anderen. So pflegt er in frühen Entwicklungsperioden in der ventralen Hälfte des Rohres breiter zu sein, als in der dorsalen. An solchen Stellen aber, an denen durch Einwärtsbiegung der Wand eine äußere Rinne entsteht, gestaltet er sich mancherorts zu einem besonderen, die Rinne ausfüllenden Polster.

Da die Nervenzellen im Bereich des gesamten Markrohres in den an die Innenhöhle stoßenden Wandschichten entstehen, so verhält sich auf frühen Entwicklungsstufen die Anlage der grauen Substanz durchweg als „Höhlengrau“ im Sinn von MEYNERT.

Alle zentralen Nervenzellen, sie mögen später noch so verwickelte Formen annehmen, gehen durch die Anfangsstufe von Neuroblasten hindurch, d. h. sie besitzen anfangs einfache Birnform und entsenden nur einen Fortsatz, den Neuriten. Auf dieser Entwicklungsstufe pflegen die Nervenzellen den Ort ihrer Entstehung zu verlassen und damit die Bildung anderweitiger grauer Massen einzuleiten. Dabei können die neu angelegten grauen Massen:

1) im Nachbarbereich der Matrix verbleiben und nach außen hin von weißen Fasermassen überlagert werden. Dies ist beim Rückenmark der Fall, in dem die Neuroblasten im allgemeinen bis zur Grenze des Randschleiers vordringen und hier entweder zu motorischen Wurzelzellen oder zu intramedullar verbleibenden Bogenzellen werden, während der Randschleier die Grundlage der weißen Substanz liefert;

2) können die Neuroblasten, in radiärer Richtung fortschreitend, die Wand bis in die Nähe der Außenfläche durchsetzen und hier zu einer selbständigen Schicht sich ansammeln. Auf einer solchen radiären Auswanderung der Zellen aus der Matrix des ursprünglichen Höhlengrauses beruht die Rindenbildung der Großhirnhemisphären;

3) können infolge bestimmter Verbiegungen der Medullarwand und ausgiebiger, tangential gerichteter Zellenwanderungen graue Massen aus dem dorsalen ins ventrale Markgebiet übertreten. So entstehen die Formationes arcuatae, die Oliven, Nebenoliven und ein Teil von den in der Brücke liegenden Kernen. Bemerkenswert erscheint, daß dieser zu den allerkompliziertesten Anordnungen führende Bildungsmodus der in der Entwicklung zeitlich vorangehenden Medulla oblongata zukommt, wogegen der Typus rein radiärer Zellenwanderung in den spät sich anlegenden Hemisphären des Großhirns ausschließlich Platz greift.

Die Periode der Neuroblastenbildung ist eine beschränkte und mit dem Schwinden von Keimzellen versiegt die Quelle der Weiterbildung. Die Dauer der Bildungsperiode ist für die verschiedenen Bezirke des Markrohres eine verschiedene. In der ventralen Hälfte des Rohres beginnt und erlischt sie im allgemeinen früher, als in der dorsalen. Im Hemisphärengebiet beginnt die Neuroblastenbildung erst spät, sie dauert hier aber durch lange Perioden hindurch an. Die Zellen und Fasern späterer Bildung finden ganz andere Ausbreitungsbedingungen als die von früheren Generationen, und es

ist ersichtlich, daß die Zeitpunkte der Bildung, sowie die Ausgiebigkeit der entstehenden Neuroblastenbruten das wechselnde Ineinandergreifen der Gestaltungsvorgänge bestimmen und jedem Ort sein besonders architektonisches Gepräge verleihen.

Bildung und Umlagerung der Nervenzellen sind das eine die innere Organisation der einzelnen Markstrecken bestimmende Moment. Ein anderes Moment liegt in der Entwicklung der Faserbahnen. Von den aus den Neuroblasten des Markrohres hervorwachsenden Fasern verläßt nur ein Teil dessen Wand als motorische Wurzeln. Anderseits findet von den Spinalganglien aus der Eintritt von sensibeln Wurzelfasern statt. Die überwiegend große Mehrzahl der im Markrohr entstehenden Neuriten breitet sich intramedullär aus, indem sie mehr oder minder zu Strängen gesammelt und den durch das Markgerüst gegebenen Bahnen folgend, schrittweise weiterwachsen. Der Hergang kann lange Zeit andauern, auch erreicht er bei den einen Bahnen früh, bei andern erst spät sein Ende. Naturgemäß kommt es dabei zu einer zunehmenden Verwicklung der ursprünglich einfachen Organisation der verschiedenen Markbezirke. Was von Zellen und Faserbahnen einmal da ist, das bleibt, und der Bau kompliziert sich, wenn wir zunächst vom Auswachsen von Dendriten- und von Kollateralfasern absehen, dadurch, daß zu den zuerst angelegten Zellen und Faserbahnen neue sich hinzufügen, und daß Fasermassen in Bezirke gelangen können, die von ihren Ursprungsbezirken weit entfernt sind.

Meynert und seine Schule haben die „Einflechtung fremdartiger Bahnen“ als einen besonderen Begriff in die Hirnanatomie eingeführt. In dem Sinne haben sie z. B. von einer Einflechtung der Kleinhirnschenkel in die Projektionssysteme gesprochen.[1]) Der dieser Darstellung zugrunde liegende Gedanke besagt, daß in die besondere Organisation eines Bezirkes eine von außen herkommende Fasermasse als etwas Neues, dem Bezirk von Hause aus nicht Angehöriges hinzukommt. Der Gedanke ist, wenigstens seinem Wortlaute nach, ein genetischer, und um ihn etwas schärfer zu fassen, unterscheiden wir am besten zwischen autochthonen und eingewanderten bez. eingewachsenen Zellen und Fasermassen. Als autochthone Massen sind dabei nur die aufzufassen, die in dem betreffenden Bezirke unmittelbar entstanden sind. In dem Sinne sind nur solche Bahnen autochthon, die aus Neuroblasten des betreffenden Bezirks hervorgegangen sind, wie z. B. im Rückenmark die vordern Wurzeln, die vordere Kommissur und die Fasern der Formatio arcuata, wogegen schon die sensibeln Wurzeln eingewandertes Material sind und ebenso die sämtlichen Längsstränge. Als eingewanderte Zellenmassen sind im verlängerten Mark die Olivenkerne zu verstehen, die aus dem Dorsal- in den Ventralbezirk übergetreten sind. Die grauen Rindenmassen vom Groß- und Klein-

---

[1]) Meynert in Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben 1872 S. 752ff.

hirn werden dagegen besser bei den autochthonen Bildungen belassen, denn ihre Elemente sind beim Übergang aus den innern in die äußern Wandschichten gleichwohl in ihrem Ursprungsbezirke verblieben.

Die in das Mark einwachsenden Faserbündel lagern sich im allgemeinen sehr oberflächlich, indem sie in die äußern Maschen des Markgerüstes eindringen.[1]) Diese oberflächliche Lagerung kann aber dadurch verloren gehen, daß Zellen- oder Fasermassen späterer Bildung die früher vorhandenen von außen her überdecken. So rückt infolge solcher Überlagerungen z. B. der Tractus solitarius von der Oberfläche des verlängerten Markes allmählich immer mehr in die Tiefe. Bei peripherisch auswachsenden Nervenstämmen gestalten sich die Verhältnisse des Auswachsens im allgemeinen für dünne Stämmchen einfacher als für dicke. Solange die zu einem Bündel sich sammelnden Nerven unter geringen Winkeln konvergierend zusammentreten, pflegen sie mehr oder minder parallel zueinander sich anzuordnen, bei größerem Konvergenzwinkel durchkreuzen sich die Fasern, und es ergibt sich damit die Bedingung einer Stammesteilung. So gehen bei Spinalnerven die am meisten ventral hervortretenden Fasern in den Ramus dorsalis über, die dorsal hervortretenden in den Ramus ventralis, und in letzterem sind es die zu hinterst hervorgetretenen, die in den R. splanchnicus gelangen. Die Entdeckung von Gaskell, daß die Rr. splanchnici aus den Seitenhornkernen des Rückenmarks und der Med. obl. hervorgehen, findet in der Art des Auswachsens der Fasern ihre volle Begründung. Aus größeren Ganglien treten die Fasern nicht parallel hervor und es liegt zum Teil schon darin die Bedingung zur Sonderung getrennter Stämme.

Das Auswachsen der Nervenfasern geht langsam vor sich und auch die Dendritenfortsätze der Nervenzellen entwickeln sich, wie wir durch Cajal wissen, nur allmählich. Beim gegenwärtigen Stand unseres Wissens ist es schwer zu bestimmen, wann das Auswachsen der zentralen Faserbahnen und insbesondere das von Kollateralen sein Ende erreicht. Wahrscheinlich wohl erst jenseits des Kindesalters. Dagegen läßt sich die naheliegende Vermutung, daß die in spätern Jahren vor sich gehende Weiterbildung körperlicher und geistiger Fähigkeiten mit einer Weiterbildung vorhandener Nervenbahnen Hand in Hand gehe, nicht leicht aufrecht erhalten. Die Gehirnwägungen ergeben bekanntlich, daß dies Organ den Höhepunkt seiner Massenzunahme verhältnismäßig früh erreicht, und für ein auch über reifere

---

[1]) So zeigt sich das Verhalten von Anfang ab beim Hinterstrang von Embryo Br 3 (Fig. 12), wogegen es beim Tractus solitarius, beim Tractus spinalis N. trigemini und bei den Acusticusbündeln desselben Embryo den Anschein hat, als lägen die einwachsenden Nervenbündel anfangs frei außerhalb des Markes. Ich muß, im Anschluß an die von Held über das allgemeine Vorkommen der M. limitans externa gegebenen Erörterungen annehmen, daß es sich bei den angegebenen Stellen meiner Präparate (man vgl. Fig. 28 u. 30) um Oberflächenverletzungen und um ein Losreißen der M. limitans externa handelt.

Jahre sich ausdehnendes stetiges Weiterwachsen des Gehirns gibt demnach die Beobachtung keine Anhaltspunkte.[1])

/ Fassen wir nochmals die Motive zur Differenzierung der verschiedenen Abschnitte von Gehirn und Rückenmark zusammen, so können wir davon ausgehen, daß in früheren Perioden die Eigenschaften der Wand, was Dicke und inneren Bau betrifft, nur innerhalb enger Grenzen variieren. Die Gliederung des Rohres ist in der Zeit wesentlich nur eine morphologische, im Vorhandensein bestimmter Achsenkrümmungen und der ihnen entsprechenden Faltungen sich äußernd. Die ursprüngliche morphologische Gliederung kann in der Folge durch Veränderung der Achsenkrümmungen und durch ungleichmäßiges Hervortreten der Einzelnglieder sich modifizieren. Zu den morphologischen Umbildungen treten aber jetzt die inneren Umbildungen der Wand hinzu, und für die endgültige Ausbildung eines jeden einzelnen Hirn- und Rückenmarkteiles erscheinen demnach folgende Punkte maßgebend:

1) die Größe und Gestalt der primären Anlage;
2) die Dauer der in ihr ablaufenden Neubildungsvorgänge;
3) die Menge der von außen her in den Teil einwandernden Zellenmassen und
4) die der in ihn einwachsenden Fasermassen./

Kritische Bemerkungen.

Vor zwei Jahren ist BETHE in einem in Baden-Baden gehaltenen Vortrage für die Lehre von der Bildung von Nervenfasern aus längsgeordneten Zellen eingetreten, den „Nervenzellen“, wie er sie im Gegensatz zu den Neuroblasten und Ganglienzellen nennt. In einem soeben erschienenen Buch (Allgem. Anatomie und Physiologie des Nervensystems 1903) teilt er nun Beobachtungen an Hühnchenembryonen mit, die diese Lehre stützen sollen. Ich erhalte das Buch genau gleichzeitig mit der Korrektur des vorliegenden Bogens und kann daher nur mit wenigen Worten darauf eingehen.

BETHE glaubt beobachtet zu haben, daß bei der Bildung motorischer Wurzeln beim Hühnerembryo eine Straße von Spindelzellen dem Auftreten von Fasern vorausgeht. Die Zellen denkt er sich von Anfang ab untereinander und mit den Rückenmarkszellen syncytial verbunden. Weiterhin sollen innerhalb dieser Zellen Nervenfasern auftreten, die entweder mit Neuroblastenfortsätzen zusammenhängen, oder unabhängig von diesen ins Rückenmark eindringen. Die Beobachtungen bedürfen einer sorgfältigen

---

[1]) MARCHAND kommt in seiner gründlichen Arbeit über das Hirngewicht des Menschen zum Ergebnis, daß schon bei Kindern von vier bis fünf Jahren ein starker Prozentsatz das mittlere Gehirngewicht erreicht oder überschritten hat. Als oberste Wachstumsgrenze erklärt er beim Mann das zwanzigste, beim Weib das sechzehnte bis achtzehnte Lebensjahr (MARCHAND, Abh. d. k. s. Ges. d. W., math.-phys. Kl. 1902 Bd. XXVII S. 403ff.).

Nachprüfung, da das Vorhandensein von Täuschungsquellen nicht ausgeschlossen ist. Allein, wenn auch deren Richtigkeit, das Umschlossensein von Nervenfasern durch das Plasma spindelförmiger Zellen festgestellt sein sollte, so ist damit der Beweis nicht geliefert, daß die Fasern innerhalb der Zellen entstanden sind. Sie können, wie mir bei einer mündlichen Besprechung Herr HELD andeutet, in die Zellen hineingewachsen, oder, was mir noch wahrscheinlicher erscheint, von dem Zellplasma umwachsen worden sein. BETHE läßt aus seinen „Nervenzellen" die SCHWANNschen Scheiden und deren Kerne hervorgehen, es ist also kein Zweifel, daß er dieselben Elemente im Auge hat, die wir bis dahin für mesenchymatöse Scheidenzellen angesehen hatten. Diese treten bei den niedrigeren Wirbeltierklassen sehr viel früher auf, als bei den Säugern. Bei den letzteren und speziell beim Menschen heben sich die kernlosen Nervenbündel und deren frei auslaufende Stümpfe so auffällig von ihrer Umgebung ab, daß ein jeglicher Irrtum ausgeschlossen ist (Figg. 12 u. 13, S. 20 u. 21).

Völlig undurchführbar erweist sich die Lehre einer Bildung von Nervenfasern durch Längsverwachsung von Zellen bei den nervösen Zentralorganen, denn in deren weißer Substanz fehlt es rundweg an einem Material, das dazu verwendbar wäre. Wir konstatieren das Hereinwachsen der aus den Spinalganglien kommenden sensibeln Fasern in die Außenfläche von Gehirn und Rückenmark und das schrittweises Vordringen innerhalb völlig zellenfreier Bezirke des Markgerüstes. Ebenso verfolgen wir das Auftreten von Kommissuren- und von Strangfasern in zellenfreien Gebieten, und wo überhaupt die Schnitte entsprechend orientiert sind, da vermögen wir die Fasern über weite Strecken zurück bis zu ihren Ursprungsneuroblasten zu verfolgen. Den 1886 am Schluß meiner Rückenmarksarbeit aufgestellte Satz, daß eine jede Nervenfaser aus einer einzigen Zelle als Ausläufer hervorgeht, halte ich auch heute noch für tatsächlich begründet. Schon damals habe ich übrigens die Möglichkeit sekundärer Verbindungen von auswachsenden Nervenfasern mit Zellen nicht in Abrede gestellt.[1])

Auch NISSL nimmt neuerdings Anlaß auf meine Arbeiten über Nervenentwicklung einzugehen (FR. NISSL, Die Neuronenlehre und ihre Anhänger, Jena 1903). Dem entwicklungsgeschichtlichen Standpunkt steht NISSL sehr fern und er erklärt ausdrücklich (S. 15): „Für unsere Frage ist es völlig nebensächlich, wie sich das Nervensystem entwickelt." Auch ist er allem Anschein nach erst durch mein bei der Naturforscherversammlung in Aachen (1900) abgegebenes Votum auf die entwicklungsgeschichtliche Begründung der Neuronenlehre aufmerksam geworden. In dem früher geschriebenen ersten Teil seines Buches erklärt er noch (S. 11), es sei „die Neuronenlehre erst nach dem Bekanntwerden der Silberbilder denkbar gewesen und selbstverständlich erst danach aufgestellt worden". Nachdem

1) l. c. S. 511 ff.

Nissl einmal auf meine Arbeiten aufmerksam geworden ist, hat er sie, wie ich ausdrücklich betonen muß, mit großer Gewissenhaftigkeit bis zum Jahr 1874 hinauf durchstudiert, und so konstatiert er auch mit großer Bestimmtheit, daß ich 1886 den Grundgedanken der Neuronenlehre zuerst mit den Worten ausgesprochen habe, „daß eine jede Nervenfaser aus einer einzigen Zelle als Ausläufer hervorgeht, die deren genetisches, nutritives und funktionelles Zentrum sei. Alle andern Verbindungen der Fasern seien nur mittelbare, oder sie seien sekundär entstanden" (Abh. d. k. s. Ges. d. Wissensch., math.-phys. Kl. 1886 Bd. XIII S. 513). Nissl überzeugt sich auch durch Vergleichung meiner älteren Aufsätze, daß ich seit langem auf den Satz hingearbeitet und nach dessen tatsächlicher Begründung gesucht habe. Er sieht darin das Vorhandensein einer vorgefaßten Meinung (Nissl, S. 312), es ist dies indessen ein Vorwurf, den ich nicht allzuschwer empfinde, denn die Geschichte der Wissenschaften zeigt, daß noch größere Forscher wissenschaftliche Wahrheiten aus dem Gesamtergebnis ihrer Erfahrungen intuitiv erschlossen und erst nach längeren Bemühungen die eigentlichen Beweise dafür gefunden haben.

Um nun die gegen mich gerichtete Polemik Nissls zu verstehen, ist es notwendig seine Vorstellungen von den Beziehungen zwischen Nervenzellen, Nervenfasern und grauer Substanz zu kennen. In betreff des Achsenzylinders erklärt Nissl (l. c. S. 299): „Es ist eine exakt festgestellte Tatsache, daß der Achsenzylinder von Markfasern, die direkt mit den Achsen einer Nervenzelle zusammenhängen, nicht die Verlängerung des Nervenfortsatzes einer Nervenzelle, also kein Zelleibsbestandteil derselben ist, sondern ein Gebilde sui generis, in das die wenigen Zelleibsfibrillen hineinwachsen. An andern Stellen erklärt er den Nervenfortsatz der Ganglienzellen für einen Spieß, dessen Spitze der Stelle entspricht, wo die Zelleibssubstanz des Nervenfortsatzes aufhört. Der Zwischenraum zwischen diesem Fortsatz und der von der Zelleibssubstanz völlig verschiedenen Achsenzylindersubstanz wird nur von einem Draht eng aneinander gepreßter Neurofibrillen überschritten (S. 458). Über die graue Substanz sagt Nissl: „Die graue Substanz ist der morphologischen Analyse noch nicht zugänglich. Der Punkt, wo die markhaltige Faser das Mark abwirft, ist die Barriere, die uns ein gebieterisches Halt zuruft." Im Gehirngrau befinden wir uns in einem „fremden Land". Auch wenn wir Achsenzylinder erkennen, so sind sie uns fremd geworden, wir verstehen sie nicht mehr, weil wir ihren Zusammenhang verloren haben. Im Schema (Taf. II Fig. 5 rechts) wird die graue Substanz als ein aus Zerteilung der Achsenzylinder gebildetes feines Netzwerk dargestellt. Das so frühzeitig auftretende Markgerüst, mein Myelospongium, oder Helds Gliagerüst findet bei Nissl keine Berücksichtigung, obschon es klar ist, daß dieser Bestandteil bei der Raumerfüllung innerhalb der grauen Substanz eine hervorragende Rolle spielt. Da ich in die Diskussion in betreff der grauen Substanz nicht unmittelbar verwickelt

bin und überdies im Text des Aufsatzes auf das Markgerüst vielfach zurückzukommen habe, kann ich es hier unterlassen, den Gegenstand zu berühren, und ich komme auf die Einwendungen zurück, die mir NISSL in betreff der Nervenentwicklung entgegenstellt.

Im wesentlichen gehen diese Einwendungen darauf zurück, daß ich Zellenfortsätze und Nervenfasern verwechselt habe. Das Auswachsen der embryonalen Nervenfasern als kontinuierliche Fortsätze der embryonalen nervösen Zellen bleibt nach NISSL erst zu beweisen, da die von mir in Verbindung mit den Neuroblasten aufgefundenen feinen Fäden histologisch nicht als unbestreitbare Nervenfasern legitimiert sind (S. 305). Wir müssen mit der Möglichkeit rechnen, daß sie gar keine einheitlichen Gebilde sind, und vor allem haben wir nach NISSL daran festzuhalten, daß in der späteren Entwicklung andere Zellen an der Bildung des Achsenzylinders mit teilnehmen als die Neuroblasten. Wie man sich das denken mag, ist gleichgültig, es genügt für NISSL, daß ich die Unmöglichkeit eines solchen Vorkommnisses nicht bewiesen habe. NISSL seinerseits deutet auf die die hervortretenden Stämmchen begleitenden Bindegewebszellen hin. Er erklärt überhaupt, daß bei Prüfung meiner Angaben nur die birnförmigen Neuroblasten der vorderen Markhälfte und die spindelförmigen Zellen der embryonalen Spinalganglienanlage in Betracht kommen (S. 302). Nun ist doch in meinen Arbeiten nicht von diesen allein die Rede, sondern auch von den intramedullar auswachsenden Zellenfortsätzen, unter denen die in die vordere Kommissur eintretenden zu den am frühesten auftretenden gehören. Gerade bei den intramedullar auswachsenden Faserbündeln läßt sich aber das schrittweise Vorrücken ohne Beteiligung irgendwelcher fremder Zellen mit großer Bestimmtheit verfolgen.

Bei den so völlig verschiedenen Ausgangspunkten von NISSL und von mir ist es schwer, einen gemeinsamen Diskussionsboden zu finden. Für ihn sind gewisse färberisch gewonnene Anschauungen die Grundlage, auf die alles zurückzuführen ist; entwicklungsgeschichtliche Betrachtungsweisen lassen ihn kalt, oder sie gewähren ihm höchstens ein Feld zur Betätigung seines vorzüglichen Scharfsinnes. Ich meinerseits anerkenne nicht unbedingt die zwingende Macht farbtechnisch gewonnener Anschauungen, dagegen halte ich eine anatomische Einrichtung erst dann für verstanden, wenn ich deren Entwicklungsgeschichte zu übersehen vermag. Und so bin ich auch der Ansicht, daß die Forscher, die sich die Ausbildung der Neurofibrillenlehre zur Aufgabe gemacht haben, uns u. a. den Nachweis von der Bildungsgeschichte der Fibrillen schuldig sind. Die Behauptung, daß diese Gebilde unabhängig von den Zellen entstanden seien, ist meines Erachtens sehr willkürlich. Das, was wir von den Neuroblasten und deren Ausläufern wissen, mag im Widerspruch mit gewissen Axiomen der jetzigen Neurofibrillenlehre stehen, einen Widerspruch mit nachgewiesenen Tatsachen vermag ich nicht zu erkennen.

Nachdem das Manuskript dieser Arbeit längst abgeschlossen war, habe ich von V. HENSEN die Schrift zugesandt erhalten: „Die Entwicklungsmechanik der Nervenbahnen im Embryo der Säugetiere.“ In gar manchen Punkten wissenschaftlichen Strebens harmoniere ich mit meinem langjährigen Freunde, und ich hege die größte Hochschätzung vor dessen feiner Beobachtungsgabe und überlegener Einsicht, aber hinsichtlich der Nervenbildung gehen unsere Vorstellungen diametral auseinander. Mein gesamter, seit Jahrzehnten gesammelter Erfahrungskreis führt mich, in Übereinstimmung mit einer Reihe der vorzüglichsten Forscher, mit zwingender Notwendigkeit zur Lehre vom Auswachsen der Nerven aus Zellen. Dies gilt auch von den in dieser Schrift mitgeteilten Beobachtungen, und ich sehe keine vermittelnde Brücke, die mich zu der von HENSEN vertretenen Auffassung hinüber zu leiten vermöchte, wonach „proximaler und distaler Endapparat vom Beginn ihrer Sonderung an bis zur abschließenden Festlegung der Nervenbahnen in Zusammenhang bleiben“. Unter den Umständen ist eine ins einzelne gehende Diskussion wenig ersprießlich, und es mag genügen, wenn ein jeder von uns seinen Standpunkt klar zum Ausdruck bringt.

Das erste Auftreten von Neuroblasten und von Nervenfasern.

Die Entwicklung des Markgerüstes geht allenthalben derjenigen der Nervenzellen und Nervenfasern mehr oder minder lang voraus. Bei den jüngsten von mir untersuchten menschlichen Embryonen von 2.15 bis 3.2 mm (Lg, Rf, EB) ist das Gerüst der Markplatte bereits angelegt, nach innen und nach außen von einer M. limitans eingefaßt. Die Kerne treten, wie schon oben bemerkt wurde, noch beiderseits nahe an die Grenzschichten heran, Säulenschicht und Randschleier existieren noch nicht als gesonderte Lagen. Keimzellen sind nur sparsam vorhanden.

Über das erste Auftreten von Nervenfasern bei menschlichen Embryonen habe ich in einem meiner älteren Aufsätze berichtet.[1]) Bei einem Embryo von 4 mm Nl. (α) hatte ich noch keinerlei Nervenfasern, wohl aber die Anlagen der vier Kopfganglien zu erkennen vermocht. Bei dem 5 mm langen Embryo R sind motorische Wurzelfasern bereits sehr scharf unterscheidbar. Als schmale Fortsätze birnförmig gestalteter Zellen sammeln sie sich zu kleinen Bündeln, deren drei oder vier nebeneinander das Rückenmark in dessen ventraler Hälfte verlassen und in die Körperwand eintreten (Fig. 16, S. 34). Hier ziehen die Fasern frei zwischen den Mesenchymzellen hindurch bis zum nächstliegenden Urwirbel, an dessen Grenze sie teils ventral-, teils dorsalwärts umbiegen. Noch ist es im dorsalen Teil des Rückenmarks nicht zur Bildung von Bogenfasern gekommen, und dementsprechend ist noch keine Andeutung einer vorderen Kommissur vorhanden. Die Spinal-

[1]) HIS u. BRAUNES Archiv 1883 S. 183ff.

ganglien sind bei dem betreffenden Embryo vorhanden und zeigen bereits streifigen Bau, aber sie geben weder an ihrem dorsalen, noch an ihrem ventralen Pol Wurzelfasern ab.

Ich habe seit jener Zeit noch einen brauchbaren Embryo von 4.4 mm (Oc) geschnitten, dessen Entwicklung der von R ziemlich gleich kommt. Die in dieser Reihe erheblich dünneren Schnitte von 6.6 μ lassen die Einzelheiten noch deutlicher verfolgen. So tritt an manchen Schnitten der bipolare Charakter der Spinalganglienzellen sehr deutlich hervor. Die stärksten Zellen und abgehenden Fasern zeigt das G. acusticofaciale. Ein Übertritt von sensibeln Fasern in das Markrohr läßt sich indessen auch hier nicht mit voller Sicherheit nachweisen. Stellenweise berühren sich Ganglion und Markrohr, und an solchen Stellen ist die Möglichkeit eines Faserübertrittes nicht ohne weiteres auszuschließen. Als übergetretene sensible Fasern lassen sich auch einige sparsame Bündelchen von Längsfasern deuten, die an Frontalschnitten der hinteren Rückenmarkshälfte erkennbar sind. Es kann sich aber höchstens um die allerersten Anfänge sensibler Wurzelbildung handeln. Neuroblasten mit bogenförmigem Faserverlauf finde ich in der dorsalen Markhälfte noch nicht vor. Auch fehlt jede Andeutung einer vorderen Kommissur. An Frontalschnitten, die den vorderen Markrand streifen, sieht man nur das faserfreie Gerüst. Unerwarteterweise fehlen beim Embryo Oc motorische, aus dem Rautenhirn hervortretende Wurzeln. Ich würde nicht wagen, diesen negativen Ausspruch durch die bloße Abwesenheit aus dem Mark austretender Fasern

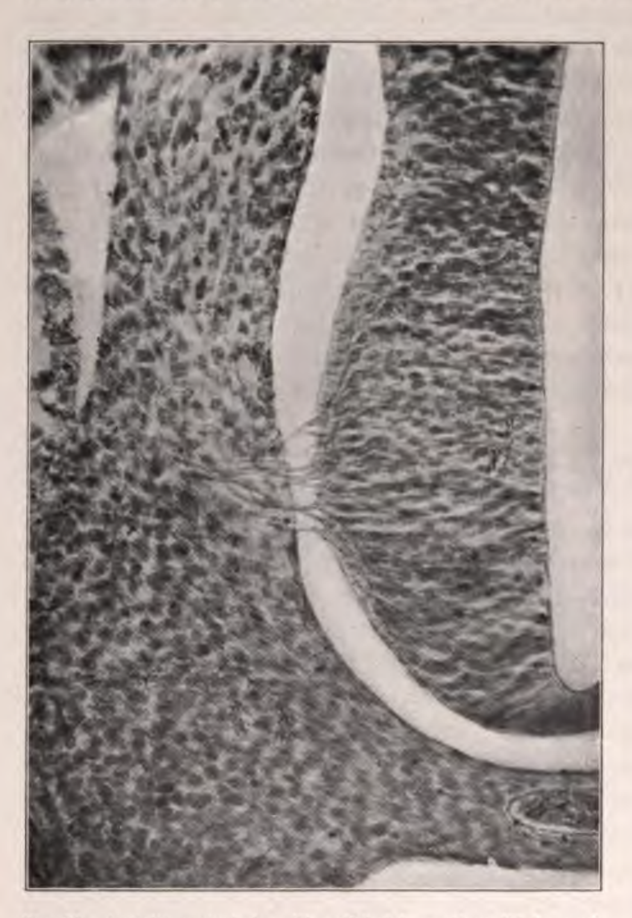


Fig. 16. Austritt motorischer Wurzelbündel aus dem Rückenmark von Embryo R (Nl. 5 mm). Die Fasern lassen sich in der Richtung nach dem Myotom hin verfolgen. (Zu Seite 33.)

zu begründen. Solche Fasern könnten ja bei der Präparation zerrissen sein. Für entscheidend halte ich aber das Fehlen von Fasersträngen im Gewebe jenseits von der M. limitans meningea. Die später so charakteristisch dem Ganglion Gasseri sich anlagernde Portio minor Trigemini vermisse ich vollständig, ebenso den N. facialis, die motorischen Fasern zum Glossopharyngeus und Vagus und den N. hypoglossus. Es ist dies um so befremdender, als die motorischen Wurzeln der Rückenmarksnerven bis weit herab angelegt und zu den zugehörigen Myotomen verfolgbar sind. Nach anderen Richtungen ist das Rautenhirn hinter dem Rückenmark nicht im Rückstand. Es hat, wie dieses, noch keine vordere Kommissur, aber in seiner ventralen Hälfte findet sich eine wohlausgeprägte Mantelschicht mit charakteristischen Neuroblasten.

Fassen wir die Verhältnisse der beiden Embryonen Oc und R zusammen, so ergibt sich als Hauptresultat 1) daß der Austritt motorischer Wurzeln aus dem Mark dem Eintritt von sensibeln vorausgeht und 2) daß die das Rückenmark als motorische Wurzeln verlassenden Fasern zu den allerfrühesten Bildungen gehören.

Die Zeit, während der motorische Wurzeln das Mark verlassen, mag beim menschlichen Embryo auf annähernd eine Woche zu veranschlagen sein, beim vierwöchentlichen Embryo ist die Zahl der austretenden Fasern noch gering, beim fünfwöchentlichen dagegen scheint sie, soweit sich dies schätzen läßt, ihre volle Höhe erreicht zu haben.

Auch das Hereinwachsen sensibler Fasern in das Mark beschränkt sich auf eine kurze Zeitperiode, und noch schärfer als bei den motorischen Wurzeln macht sich hier das sukzessive Hereinwachsen der Fasern geltend. Von den Sinnesnerven entwickeln sich die Fasern des Acusticus gleichzeitig mit den sensibeln Wurzeln, die des Olfactorius erreichen das Gehirn ein wenig später, und am spätesten finden die aus der Retina hervorwachsenden Fasern ihren Anschluß. Ein unzweifelhaftes Chiasma ist erst bei Embryonen von ca. sieben Wochen nachweisbar (Embryo Zw), und es scheint zu der Zeit noch nicht seinen vollen Faserbestand zu haben. Voll ausgebildet sind Chiasma und Tractus am Ende der achten Woche (Mr). Dies späte Auftreten des N. opticus läßt sich damit in Zusammenhang bringen, daß der Nerv im Grund als eine intracerebrale Bahn des Vorderhirns aufzufassen ist.

Das Markrohr beim vierwöchentlichen Embryo.

Die belehrendsten Bilder für die frühere Geschichte des Gehirns und des Rückenmarks geben Embryonen von etwa vier Wochen. Die morphologische und die histologische Gliederung des Medullarrohres sind durchweg eingeleitet, motorische und sensible Wurzeln sind angelegt, auch die ersten Längsstränge in Bildung begriffen, und dabei stimmen Gehirn und Rückenmark noch soweit untereinander überein, daß sich die Verhältnisse leicht aufeinander beziehen lassen.

Als Ausgangspunkt wähle ich den trefflich erhaltenen Embryo Br 3 (von 6.9 mm Nl.), den ich schon bei früheren Arbeiten mehr oder minder eingehend besprochen habe.[1] Das Rautenhirn ist vorwiegend quer geschnitten, das im Bogen verlaufende Rückenmark teils quer oder schräg, teils geradezu frontal. Die verschiedenen Schnittbilder ergänzen sich somit in erwünschter Weise. Das Markrohr ist bei Br 3 im Rückenmarksteil stellenweise aufgerissen, im übrigen aber, und so auch im gesamten Gehirnteil geschlossen. Im caudalen Stumpf hat es den Charakter eines einfachen Epithelrohres von annähernd zylindrischem Querschnitt. Abgesehen hiervon und von bestimmten Strecken der Deck- und der Bodenplatte hat sich schon überall ein durchbrochenes Markgerüst mit schmalem Randschleier ausgebildet. Auch ist in den neuralen Abschnitten des Rohres mit Ausnahme des Vorderhirns und des caudalen Endstumpfes die Sonderung der Mantelschicht und ihrer motorischen Kerne schon überall eingeleitet. Letztere bedingen da, wo sie auftreten, lokale in die Innenplatte einschneidende Verdickungen der Mantelschicht. Als Überblick über die absolute und die relative Dicke der Schichten teile ich im nachfolgenden einige Maße mit. Allzugenau sind solche Messungen ja nicht ausführbar, doch lassen sich bei angemessener Kritik Zahlen erhalten, die untereinander wohl vergleichbar sind. Im allgemeinen habe ich die mittleren Dickenwerte bestimmt, und da, wo die Röhrenwand sich verjüngte, wie bei Annäherung an die Deckplatte und die Bodenplatte, die Messung unterlassen.

Schnitt-nummer	Maße in μ	Dorsale Hälfte			Ventrale Hälfte		
		Gesamt-dicke	Mantel-schicht	Rand-schleier	Gesamt-dicke	Mantel-schicht	Rand-schleier
103	unteres Thoracalmark	125	16	11	140	70	18
180	verl. Mark, unteres Ende (Hypogl.)	165	20	12	190	60	20
160	„ „ Höhe des Vaguseintritts	175	22	10	200	70	22
148	„ „ „ „Glossopharyng.	175	25	15	185	60	20
136	„ „ „ der Gehörblase	140	20	10	175	62	16
120	„ „ „ des Acusticofac.	160	20	10	170	60	18
98	Rautenhirn, Trigeminuseintritt	115	8	9	160	48	18
62	Isthmus	130	25	14	130	25	15
40	Mittelhirn	122	10	20	140	25	20
40	Thalamus, seitlich	130	—	20	—	—	—
65	Hypothalamus	—	—	—	115	—	15
40	Hemisphärenmantel, seitlich	110	—	10	—	—	—

[1]) Das Nervensystem vom Embryo Br 3 findet sich besprochen und teilweise abgebildet in den beiden Aufsätzen: 1886 Zur Geschichte des menschlichen Rückenmarks und der Nervenwurzeln. Abh. der k. s. Ges. d. Wiss., math.-phys. Klasse Bd. XIII 1886. No. VI S. 482ff. und Taf. Fig. 1 u. Zur Geschichte des Gehirns, sowie der zentralen und peripherischen Nervenbahnen beim menschlichen Embryo ebendas. Bd. XIV 1888. No. VII Taf. II Fig. 4.

Schnitt-nummer	Maße in μ	Dorsale Hälfte			Ventrale Hälfte		
		Gesamt-dicke	Mantel-schicht	Rand-schleier	Gesamt-dicke	Mantel-schicht	Rand-schicht
	Mittel der sechs Schnitte durch das Rautenhirn, ohne den Isthmus .	165	19	11	180	60	19
	Gesamtmittel, wobei der Mittelwert des Rautenhirns einfach eingesetzt ist	130	12	13	141	36	17

Die wesentlichsten Ergebnisse der Vergleichung sind folgende: Die Gesamtdicke der neuralen Markwand schwankt zurzeit noch in verhältnismäßig engen Grenzen. Die maximalen Dickenwerte (200 μ) fallen in den unteren Abschnitt des verlängerten Markes, die minimalen (110 μ) in die Großhirnhemisphären. Im Rückenmark, im Rauten- und im Mittelhirn ist die ventrale Hälfte des Rohres der dorsalen voraus, es äußert sich dies nicht nur in der Gesamtdicke, sondern auch in der Dicke des Randschleiers [1]) und besonders in der der Mantelschicht. Letztere erreicht ihre stärkste Entwicklung überall da, wo es zur Sonderung motorischer Kerne gekommen ist. Mit dem Aufhören der motorischen Kerne im Mittelhirn hört auch die Ablösung einer ausgiebigen Mantelschicht auf. Nur unbedeutende Fortsetzungen sind längs der unteren Grenze des Thalamushirns zu verfolgen. Das Rautenhirn ist überhaupt am weitesten fortgeschritten, daher seine Mittelwerte nicht nur das Gesamtmittel des Markrohrs, sondern auch die Einzelwerte der übrigen Gehirnteile und großenteils auch die des Rückenmarks überschreiten. Eigentümlich ist die Stellung des Isthmus; in diesem, seine motorischen Nerven dorsalwärts entsendenden Abschnitt des Hirnrohres ist der Gegensatz zwischen dorsaler und ventraler Hälfte so gut wie gar nicht ausgesprochen, es finden sich selbst Stellen, wo die dorsale Mantelschicht etwas breiter ist, als die ventrale. Das Vorderhirn ist noch in allen seinen Teilen im Rückstand, am meisten das Hemisphärenhirn. Eine verhältnismäßig starke Verdickung zeigt die Wand schon jetzt beim Übergang vom Zwischenhirn zur Hemisphäre. Auf diese, sowie auf die übrigen Dickenschwankungen im Bereich des Vorderhirns werde ich nachher zurückkommen.

Rückenmark. Abgesehen von den motorischen, in der ventralen Hälfte des Markrohres gelegenen Kernen, besteht die Mantelschicht in dieser frühen Periode überwiegend aus bogenförmig angeordneten Neuroblasten und deren Fortsätzen. Bogenzellen und Bogenfasern bilden anfangs eine dünne, nur

[1]) Es ist möglich, daß die absoluten Werte für den Randschleier in obiger Tabelle für Br 3 etwas zu gering sind, da sich die Markoberfläche meistenteils von der Limitans meningea abgelöst hat. Bei Embryo T ist der Zusammenhang noch durchweg erhalten (Fig. 7 u. Fig. 12).

wenige Zellen breite Schicht, eine **Formatio arcuata**, die nach einwärts vom zellenfreien Randschleier liegend, das Rückenmark umgreift. Die Bogenschicht entstammt vorzugsweise den Neuroblasten der dorsalen Markhälfte. Ihre Fasern verlaufen ventralwärts und sie durchsetzen und umgreifen die motorischen Kerne. Ein Teil derselben erreicht die Mittelebene und kreuzt sich hier mit den Fasern der andern Seite. Die also zustande kommende **vordere Kommissur** tritt auch an Frontalschnitten sehr ausgeprägt hervor, und an solchen Schnitten sieht man die parallel gestellten Faserzüge seitlich aus Bündeln hervorgehen, die durch Gefäße in einzelne Streifen zerlegt, neben der Kernsäule quer oder schräg abgeschnitten endigen (Fig. 17). Die Frontalschnitte geben auch gute Anschauungen von den bereits ziemlich kräftigen Faserbündeln der Vorderstränge und von der teilweisen Umbiegung von Kommissurenfasern in dieselben. Die Commissura anterior bildet die eine Quelle der Vorderstrangbündel, eine andere Quelle ist in ungekreuzt bleibenden Bogenfasern zu suchen sowie in Fasern, die aus schräg- oder längsgestellten Neuroblasten hervorgehen. Die Menge der letzteren ist jedenfalls noch unbeträchtlich. An Frontalschnitten finden sie sich vereinzelt hinter den motorischen Kernen.



Fig. 17. Frontalschnitt durch das Rückenmark von Embryo Br 3. Vorderstrang und vordere Kommissur. Die Fasern der letzteren endigen zum Teil abgeschnitten, zum Teil gehen sie in die Längsbündel des Vorderstranges über.

Die motorischen Kerne zeigen sowohl im Querschnitt als im Frontalschnitt ein sehr charakteristisches Aussehen. Wie dies schon meine älteren Zeichnungen (1886) wiedergeben, so sieht man an Querschnitten Faserbündel aus der gesamten vordern Markhälfte konvergierend der Oberfläche zustreben, die sie, in Bündel gesammelt, durchbrechen. An Frontalschnitten (Fig. 18, S. 39) drängen sich die Fasern im innern Mantelgebiet in parallelem Verlauf zwischen den zahlreichen langgestreckten Kernen durch, dann sammeln sie sich wiederum zu kleinen Bündeln, deren jedes an die 10—15 Fasern umfassen mag, und die in Abständen von etwa 20 μ das Mark verlassen. Solange die Faserzüge parallel zueinander verlaufen, stehen auch die Kerne, sowohl der Spongio- als der Neuroblasten unter sich parallel, d. h. senkrecht zur Oberfläche; da, wo die Bündel sich zu sammeln beginnen, finden sich querdurchschnittene (kreisrunde) Kerne, d. h. Kerne von Bogenfasern. Weiter nach einwärts finden sich

auch Neuroblasten, deren Fasern bogenförmig in den benachbarten Längsstrang übergehen.

Die Hauptmasse der Längsbündel liegt als Anlage des Vorderstranges vor dem vorderen. Wurzeln, im Winkel zwischen dem ventralen Ende der motorischen Kerne und dem Beginn der Bodenplatte. Andere Längsfasernbündel durchkreuzen sich mit den den Randschleier durchsetzen-

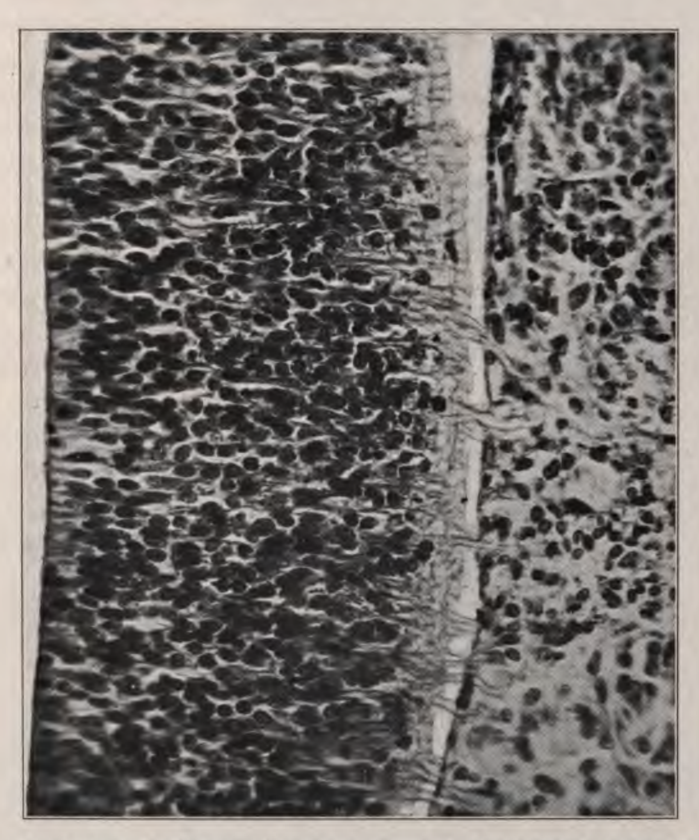


Fig. 18. Frontalschnitt des Rückenmarkes von Embryo Br 3. Motorische Wurzelbündel innerhalb und außerhalb des Markes. (Zu Seite 38.)

den motorischen Wurzeln, und endlich liegt ein Teil noch hinter den Wurzeln im Gebiet des vordern Seitenstranges. Von da ab folgt eine breite Strecke, deren Randschleier keine Fasern enthält. Diese Strecke wird nur unterbrochen durch das zurzeit noch sehr dünne, aus den eintretenden sensibeln Wurzeln gebildete Hinterstrangbündel. Dieses liegt dicht unter der Oberfläche aber noch im Randschleier, dessen Bälkchen hier auseinandergetrieben erscheinen.

Ich habe versucht, durch Messungen und durch Faserzählung über das Hinterstrangbündel etwas bestimmtere Unterlagen zu gewinnen. Zu dem

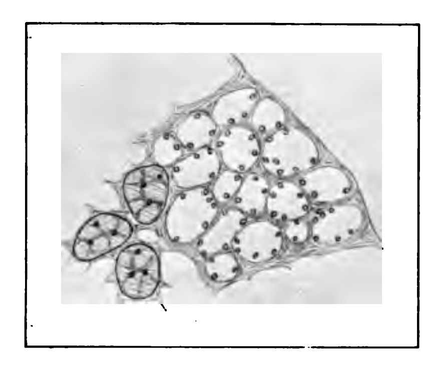


Fig. 19. Prismenzeichnung des Hinterstrangquerschnittes am Embryo Br 3. Gerüst mit den eingelagerten Faserquerschnitten, links drei zum Gerüst gehörige Kerne.

Zweck habe ich bei starker (1000facher) Vergrößerung Prismenzeichnungen aufgenommen (Fig. 19). Am Rückenmark von Br 3 zeichnet sich der Hinterstrang als helles Feld ab, innerhalb dessen die Faserquerschnitte als dunkle Punkte zerstreut liegen. Die letzteren sind deutlich genug, um gezeichnet und in der Zeichnung gezählt werden zu können.

Im Bereiche des untern Thoracalmarkes beträgt an den senkrecht zur Achse geführten Schnitten:

Der Flächeninhalt eines Hinterstranges mit dem Planimeter gemessen rund 500 □ μ, die Zahl der unterscheidbaren Faserquerschnitte 80 bis 90. Kleine Fehler sind möglich, ich glaube aber nicht, daß sie 10 % überschreiten.

Bei Embryo N von 10.9 mm Nl ergibt sich im untern Thoracalmark:

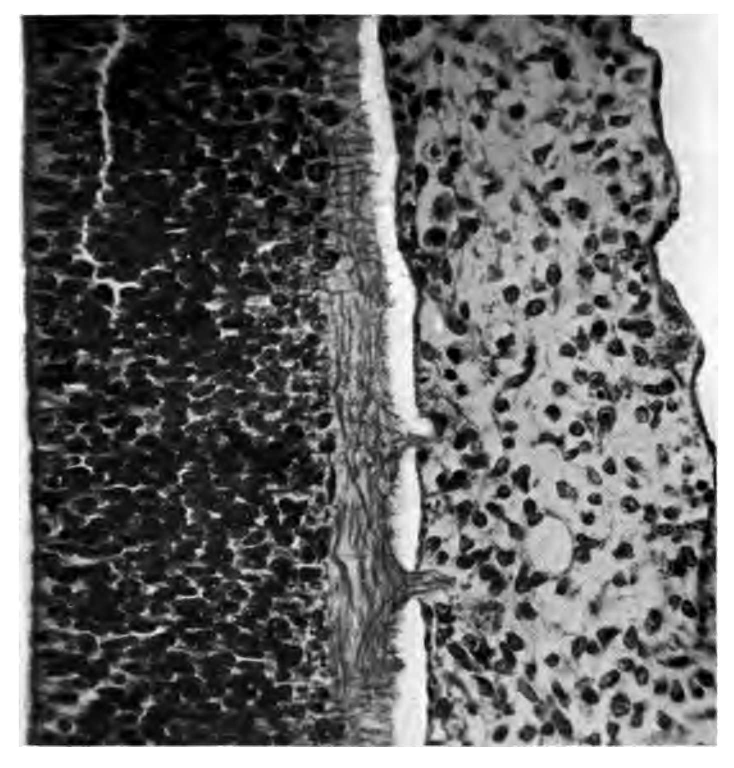


Fig. 20. Frontalschnitt aus dem Rückenmark von Embryo Br 3.
Hinterstrang und Eintritt hinterer Wurzelfasern, Auseinanderweichen der letzteren. (Zu Seite 41.)

Der Flächeninhalt eines Hinterstranges rund 12000 □ μ, im oberen Thoracalmark bestimme ich denselben Wert auf 22500 □ μ.

In gleicher Höhe ist also von B 3 zu N, d. h. im Verlauf der fünften Woche, der Querschnitt auf das 24fache gestiegen. Dabei zeigt sich bereits sehr ausgesprochen die Zunahme der Hinterstränge von unten nach aufwärts. Die Zahl der Fasern läßt sich bei N annähernd schätzen. Diese liegen nämlich hier mindestens so dicht, eher noch dichter als bei Br 3. Ihre Zahl muß somit beim unteren der beiden gemessenen Schnitte mindestens 2000, beim oberen gegen 4000 betragen.

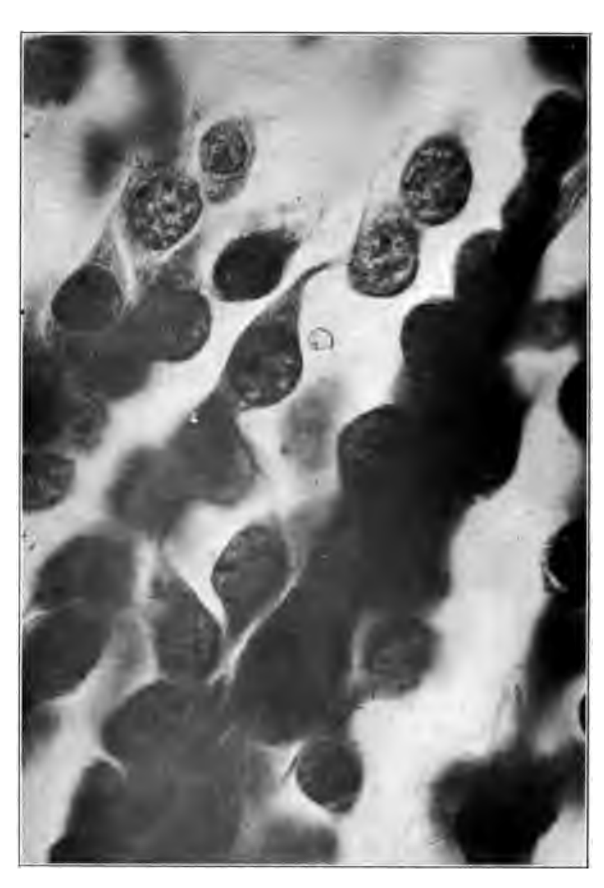


Fig. 21. Aus einem Spinalganglion am Embryo N. Die freiliegende Zelle zeigt in ihrem oberen Ansatzkegel die im Innern vorhandenen fibrillären Streifen. (Photogramm ohne jegliche Retouche.) (Zu Seite 42.)

An frontal getroffenen Schnitten von Br 3 ist direkt zu beobachten, wie die sensibeln Wurzelfasern bei ihrem Eintritt ins Mark nach oben und nach abwärts umbiegen und den Hinterstrangbündeln sich anlagern (Fig. 20, S. 40). Noch sind die Wurzelfasern im Auswachsen begriffen, und nach den anderweitigen Erfahrungen über diesen Vorgang ist anzunehmen, daß sie erst auf verhältnismäßig kurze Strecken angelegt sind. Es ist demnach anzunehmen, daß sich das Hinterstrangbündel in jeder gegebenen Höhe erst aus wenigen benachbarten Wurzelbündeln zusammensetzt.

Für die Beobachtung der Spinalganglien erweist sich der vorhin erwähnte Embryo N als besonders günstig (Fig. 15, S. 31). Die Zellen bilden langgezogene Gruppen, deren jede einem kleinen Faserbündel entspricht, und die weite Spalträume zwischen sich frei lassen. Die Faserbündel sammeln sich einerseits zu zentralen, anderseits zu peripheren Stämmchen. Erstere erreichen den ventralen Rand des nunmehr ansehnlich gewordenen

Hinterstranges und strahlen unter pinselförmiger Ausbreitung in ihn ein. Die ventral gelegenen Wurzelbündel stoßen am ventralen Ende des Ganglions auf die motorischen Faserzüge, mit denen sie sich vermengen. Gleich jenseits von der Vereinigungsstelle spaltet sich der Ramus dorsalis vom Ramus ventralis ab. Da, wo die Spinalganglienzellen isoliert hervortreten, zeigen sie die bekannte Spindelform mit seitlich gelagertem Kern. Vermittels eines breit beginnenden Konus gehen sie in die schmalen Endfasern über, die man in gestrecktem oder leicht wellenförmigem Verlauf oft weithin verfolgen kann. Der Ansatzkonus läßt in seinem Innern eine Anzahl fibrillärer Streifen erkennen, die eine Strecke weit noch in die Faser hinein verfolgbar sind. Mit der Annäherung an den Kern weichen sie auseinander, indem sie ihn umfassen. Bei dem zur Illustration dieses Verhaltens mitgeteilten Photogramme (Fig. 21, S. 41) ist absichtlich jegliche Retouche vermieden worden. Fig. 22 zeigt eine isoliert liegende Zelle mit zwei langen Nervenfortsätzen.

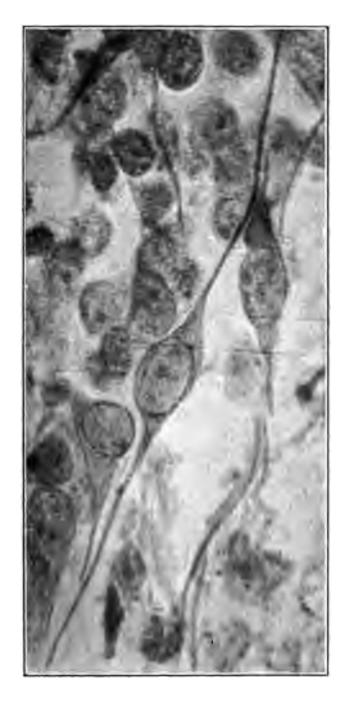


Fig. 22.
Spinalganglienzelle mit zwei langen Nervenfortsätzen (überzeichnet).

Die Neuroblasten und Faserbahnen des Gehirns bei Br 3. Das allgemeine Schema des Rückenmarkbaues kehrt beim Rautenhirn wieder, insofern auch hier die ventrale Hälfte motorische Kerne liefert und die dorsale Hälfte sensible Wurzeln aufnimmt, und als auch hier ein System von Bogenfasern aus der dorsalen in die ventrale Markhälfte übertritt. Immerhin finden sich eine Reihe von Besonderheiten: die motorischen Kerne bilden keine fortlaufenden Reihen mehr, und sie zerfallen in zwei nebeneinander herlaufende Gruppen, die der Seitenhorn- und der Vorderhornkerne, deren Wurzelfasern in zwei weit auseinanderliegenden Zeilen das Mark verlassen. Spezifische Eigentümlichkeiten bieten der Verlauf des N. facialis und der des N. trochlearis, von denen jener auf einem winkligen Umweg die Oberfläche erreicht, während dieser als einziger von allen Körpernerven zur Decke des Markrohres emporsteigt und hier mit dem der andern Seite sich kreuzt. Die sensibeln Wurzelfasern lagern sich auch dem Rautenhirn anfangs nur oberflächlich an, aber sie sammeln sich nicht zu einem einheitlichen Strang, wie im Rückenmark. Es bildet sich einesteils der Tractus solitarius, in den, außer Fasern des Vagus und Glossopharyngeus, noch solche des N. intermedius und des vestibularis eintreten, andernteils entsteht als gesondertes Hinterstrangbündel die Wurzel des N. trigeminus.

Alle in das Rautenhirn eintretenden Faserzüge sind auf der Stufe vom Br 3 noch sehr kurz.[1])

In Fig. 23 habe ich versucht, die Verteilung und Anordnung der Neuroblasten im Gehirn von Br 3 übersichtlich zusammenzustellen. Gleich wie das Rückenmark, so enthält auch das Rautenhirn in seiner dorsalen Hälfte ventralwärts gekehrte Neuroblasten, die im allgemeinen in kurze Bogenfasern auslaufen. Ihre Menge ist noch unbeträchtlich, und sie verlieren sich am Übergang vom Isthmus zum Mittelhirn. In der ventralen Markhälfte sind die Neuroblasten viel reichlicher angehäuft, und in ununter-

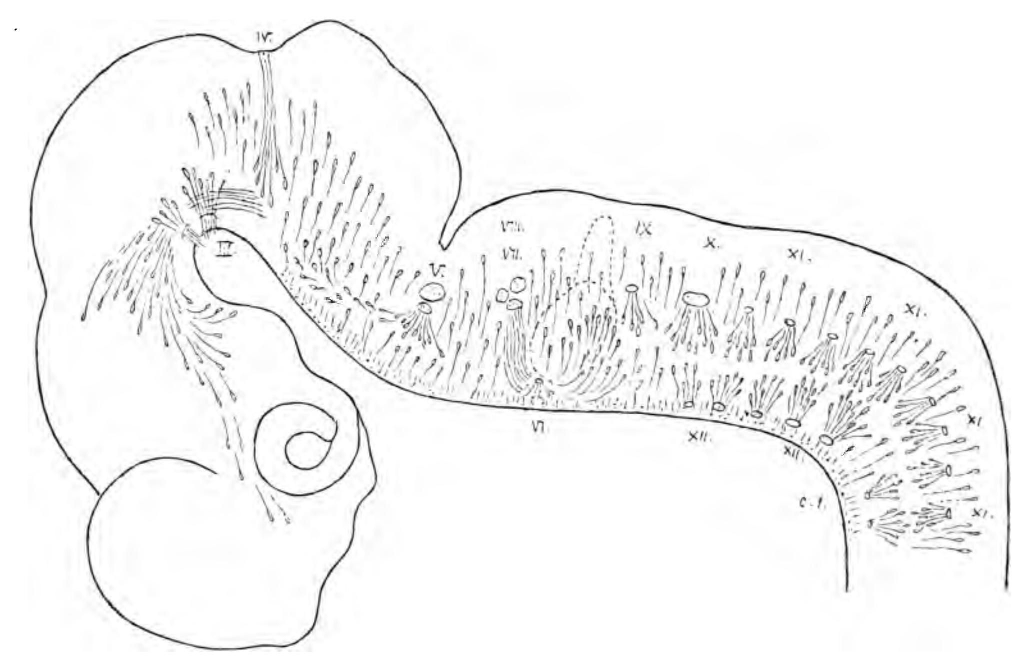


Fig. 23. Gehirnprofil von Embryo Br 3 mit eingezeichneten Neuroblasten. Konstruktionsbild.

brochener Reihenfolge erstrecken sie sich bis zum Hypothalamus. Für ihre Anordnung läßt sich keine durchgreifende Regel aufstellen, wenn sich auch nicht verkennen läßt, daß ein dorsal- oder ventralwärts gerichteter bogenförmigen Verlauf der Fortsätze das vorwaltende Vorkommnis ist. Eine Commissura basalis findet sich von der Nackenbeuge ab bis in die Höhe des Trigeminusaustrittes. Sie ist nirgends sehr stark und wechselt etwas in ihrer Mächtigkeit. Im obern, der Sattelspalte zugekehrten Teil des Rautenhirns ist die Kommissur durch wenige Querfasern vertreten und auch diese Spuren verlieren sich noch vor Erreichung des Isthmus.

[1]) Ich verweise hier auf meinen Aufsatz vom Jahre 1888: „Zur Geschichte des Gehirns“ und auf die darin mitgeteilten Zeichnungen.

In letzterem, sowie in der Mittelhirnbasis finden sich keinerlei Kommissurenfasern. Ein großer Teil der Neuroblasten des ventralen Rautenhirns sind Wurzelzellen. Von der Rückenmarksgrenze ab bis in die Nähe der Gehörblase folgen sich die Wurzelbündel der ventral austretenden Hypoglossusreihe und der dorsolateral gelegenen Reihe vom Accessorius, motorischen Vagus und Glossopharyngeus. Ihnen entsprechen die zugehörigen Nervenkerne, von denen der des Hypoglossus stellenweise schon recht ansehnlich

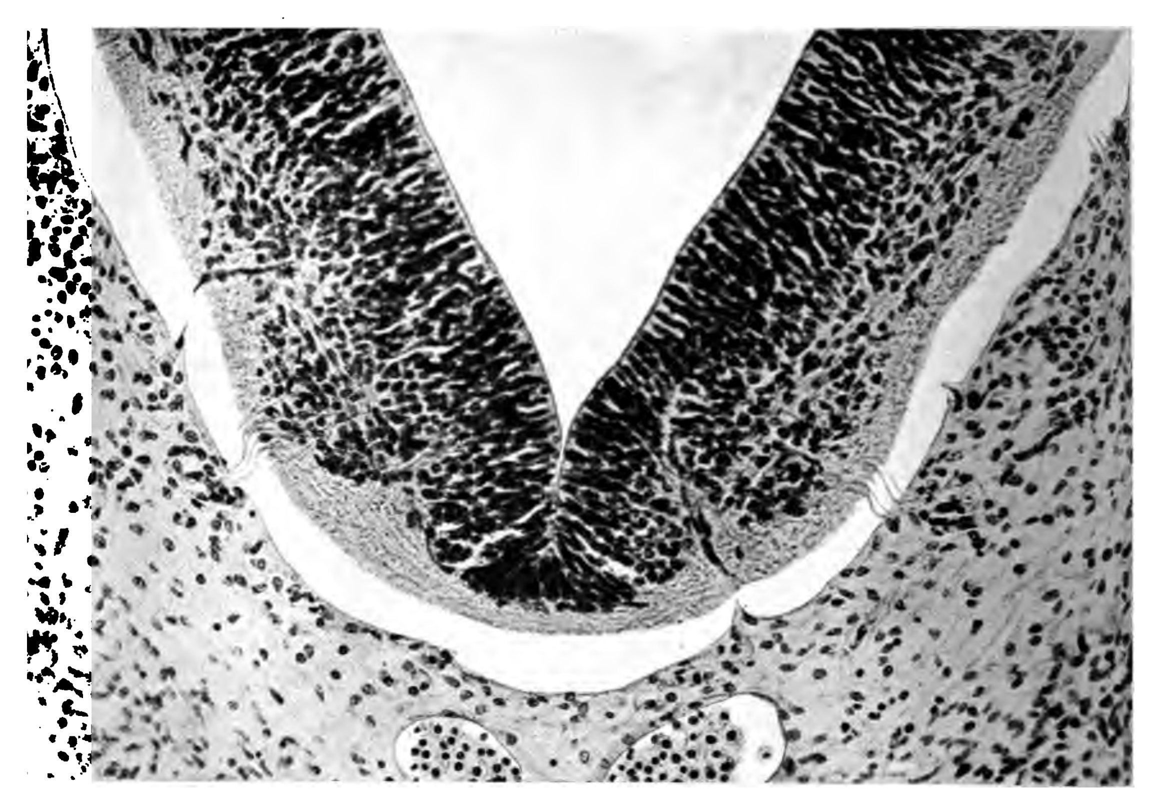


Fig. 24. Medulla oblongata vom Embryo Br 3. Man sieht daran die beiden Hypoglossuskerne mit den abgehenden Wurzelfasern. Rechts sind auch einige Fasern vom Accessorius, sowie der Accessoriuskern zu erkennen. Die an mehreren Stellen sichtbaren dunkeln Spitzen gehören Gefäßanlagen an.

erscheint (Fig. 24). Der Hypoglossuskern wird von kräftigen Zügen von Bogenfasern durchsetzt und umgriffen, die medialwärts in die vordere Kommissur eintreten. Sie entstammen Neuroblasten der ventralen Markhälfte, die zum Teil verschränkt mit den Hypoglossuszellen liegen. Dorsalwärts vom Hypoglossuskern folgen Zellen, die ihre Fasern an die Accessoriusreihe abgeben. Auch diese haben, bevor sie zur Oberfläche umbiegen, den Charakter von Bogenfasern.

Über der Austrittsstelle der Accessoriusfasern liegt der Markoberfläche ein Längsbündel an, in das der N. vagus und N. glossopharyngeus mit

ihren sensibeln Fasern eintreten. Es ist dies der zu der Zeit noch völlig oberflächlich gelagerte Tractus solitarius. Fig. 26, S. 46, zeigt den Tractus solitarius mit den eintretenden Vagusfasern vom Embryo Br 3; auch austretende Accessoriusbündel sind an dem Schnitt sichtbar. Ich schicke der Figur ein Durchschnittsbild vom Embryo Ko (10.2 mm) voraus, an dem außer den Vagus- und Accessoriusbündeln und dem großen Vagusganglion auch austretende Hypoglossuswurzeln zu sehen sind (Fig. 25).



Fig. 25. Ganglion und sensible Wurzeln des N. Vagus. Tractus solitarius, Accessoriuskern und Wurzeln, Hypoglossuswurzeln. Embryo Ko.

Mit der Annäherung an die Gehörblase wird das Bild ein andres. In der ventralen Markhälfte erscheinen nun reichliche, ventralwärts sich zuspitzende Neuroblasten. Ihre Fasern treten großenteils in die inneren Lagen der Mantelschicht und charakterisieren sich als Wurzel des N. facialis. Der Facialiskern reicht bis über den rostralen Rand der Gehörblase hinaus, dann folgt dicht unter der Oberfläche der ziemlich kompakte Abducenskern und jenseits davon das breite Bündel des austretenden N. facialis.

Von den mitgeteilten Schnitten zeigt Fig. 27, S. 47, die Gehörblase, Fig. 28, S. 48, das dreigeteilte Ganglion acusticofaciale und den austretenden

N. facialis. Ein kleiner Einriß trennt die Übergangsstelle der Facialis- und Acusticuswurzeln vom übrigen Markrohr. Bei Fig. 27 ist auch der



Fig. 26. Eintritt sensibler Glossopharyngeusfasern in den Tractus solitarius, links Austritt motorischer Fasern der Accessoriusreihe aus dem Mark, Embryo Br 3. Der Hypoglossuskern ist jederseits als gesonderte Masse der Mantelschicht erkennbar, aber es liegen keine austretenden Wurzelfasern im Schnitte. (Zu Seite 45.)

kleine dreieckige Nervenkern zu sehen, den mein Sohn [1]) an diesem Präparat aufgefunden hat, und dessen Fasern er in den Facialisstamm verfolgen

[1]) W. His jun., Entwicklungsgeschichte des Acustico-Facialisgebietes in His und Braunes Archiv. 1889 Suppl. S. 7.

konnte. Das Verhalten dieses kleinen Kernes auf spätern Stufen bedarf noch der Aufklärung.

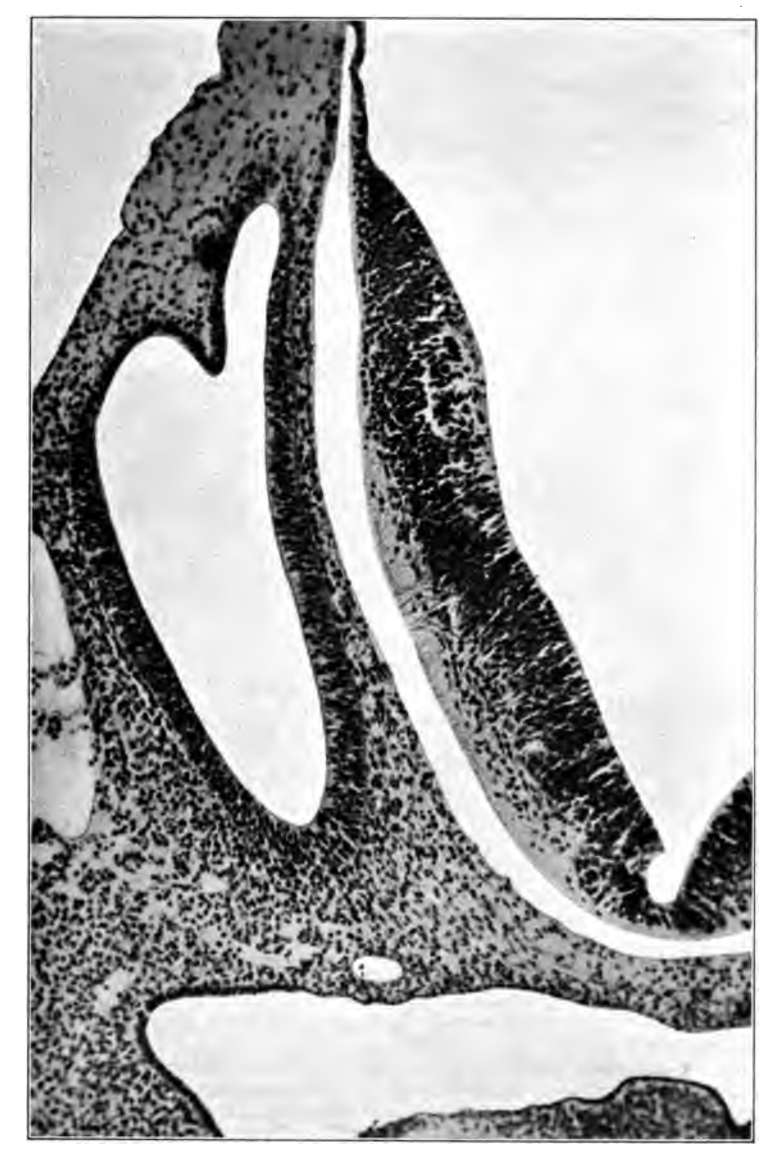


Fig. 27. Gehörblasen und Rautenhirn vom Embryo Br 3. Die Fasern des Facialiskernes verlaufen in der Mehrzahl medialwärts. Ein accessorischer kleiner Kern entsendet seine Fasern in der Richtung nach der Oberfläche. (Zu Seite 45 u. 46.)

In diesem frühen Stadium bietet der Facialiskern noch wenig spezifische Eigentümlichkeiten. Medial gerichtete, der ventralen Markhälfte angehörige Neuroblasten finden sich auch in höher und in tiefer gelegenen Distrikten des Rautenhirns, mit dem Unterschied allerdings, daß sie nirgends

sonst zu einem gesonderten, das Mark verlassenden Bündel zusammentreten. Auch die Strecke zwischen dem Facialisaustritt und dem motorischen Hauptkern des Trigeminus enthält Neuroblasten mit Bogenfasern. Ein Teil der letzteren ist bis zur basalen Kommissur zu verfolgen, andere scheinen in Längsbündel umzubiegen. Dazwischen finden sich auch einzelne rückläufige Neuroblasten.

Der motorische Hauptkern des Trigeminus tritt dadurch sehr deutlich in Erscheinung, daß seine Zellen gegen die Markoberfläche andrängen und

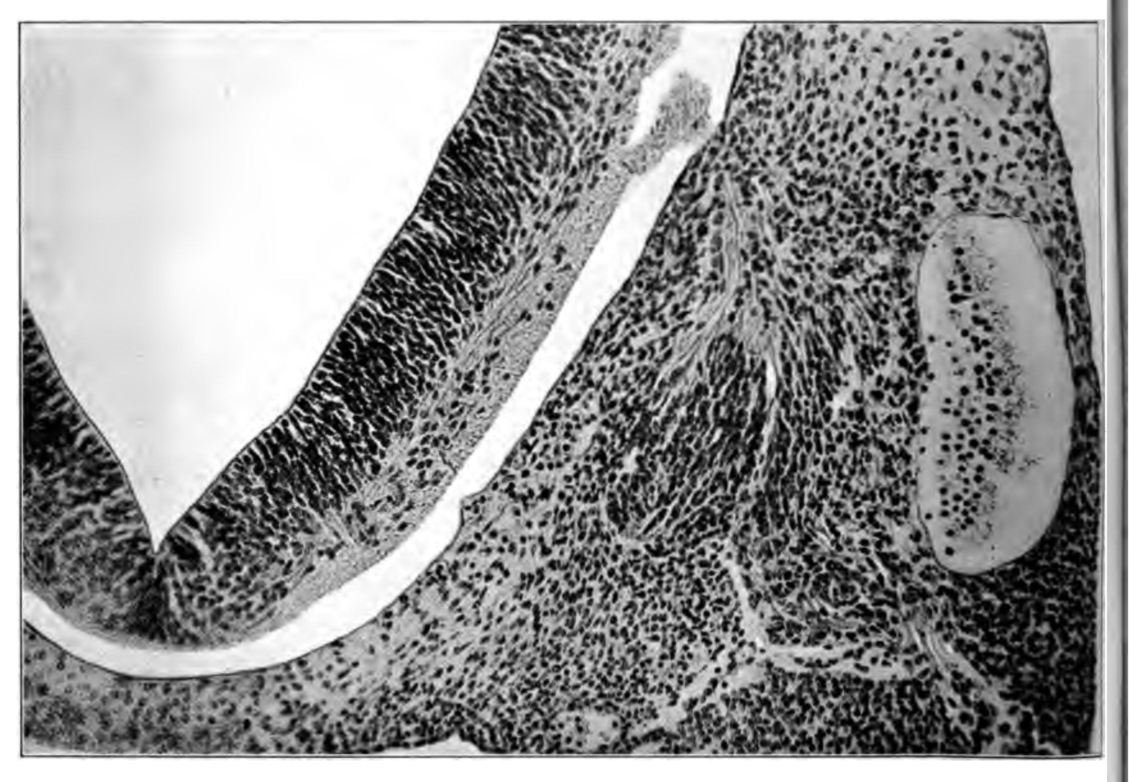


Fig. 28. Rautenhirn und Ganglion acustico-faciale von Embryo Br 3. Im Rautenhirn sieht man stellenweise die zur Austrittsstelle emporsteigenden Facialisfasern, außerdem aber auch medialwärts gerichtete Fasern. Die unweit von der Mittelebene gelegenen, radiär gerichteten Fasern gehören dem N. abducens an. Im Ganglienkomplex liegt das großzellige G. geniculi am meisten ventralwärts, und es schiebt sich eine Strecke weit zwischen das G. cochleae und G. vestibuli ein. Die Anschlußstelle der Nervenwurzeln an das Mark ist etwas eingerissen. (Zu Seite 45.)

diese nach Art eines Keiles gegen das GASSERsche Ganglion vorschieben (Fig. 29, S. 49). Aus der Kante des Keiles tritt das dichte Büschel von Wurzelfasern hervor, das sich weiterhin als Portio minor Trigemini der medialen Ganglienfläche dicht anschmiegt. Der motorische Trigeminuskern erweist sich als ein Seitenhornkern, die große Mehrzahl seiner Zellen liegen indessen medialwärts von der Austrittsstelle. Die Zellen der Vorderhorn-

zone entsenden ihre Fasern teilweise medialwärts. Viele derselben sind schräg angeschnitten und daher nicht weiter verfolgbar. Lateralwärts vom motorischen Trigeminuskern liegt als flaches, querdurchschnittenes Bündel der Tractus Trigemini, in den man vom Ganglion GASSERI aus Faserzüge eintreten sieht (Fig. 30, S. 50).

Die Strecke zwischen dem Trigeminusaustritt und dem Beginn des Isthmus bietet keine einfachen, eindeutigen Bilder. Eine basale Kommissur



Fig. 29. Embryo Br 3. Motorischer Hauptkern des N. trigeminus mit der Portio minor, dem Ganglion Gaßeri und den aus diesem ins Mark eintretenden sensiblen Wurzelfasern. (Zu Seite 48.)

findet sich kaum andeutungsweise. Die ventrale Mantelschicht ist im allgemeinen ziemlich breit, aber ihre Kerne und Zellen liegen anscheinend regellos durcheinander. Es ist mir wahrscheinlich, daß ein Teil der Zellen der absteigenden Trigeminuswurzel angehört, aber eine scharfe Sonderung dieser Anlage vermag ich nicht durchzuführen. Mit der Annäherung an den Isthmus wird das Querschnittbild wieder regelmäßiger, dorsale und ventrale Hälfte zeigen wieder basalwärts gerichtete Neuroblasten und Bogenfasern.

Der Isthmus charakterisiert sich, abgesehen von seiner geringen Weite und seiner Abplattung, durch seine Beziehungen zum N. trochlearis (Fig. 31,

S. 51). Die Bündel dieses Nerven verlaufen nach einwärts vom Randschleier und teilweise nach einwärts von der dorsalen Mantelschicht. Die Zellen der letzteren zeigen, insoweit sie nicht schräg getroffen sind, ventrale Fortsätze. Auf die Frage, ob der N. trochlearis aus einem Seitenhorn- oder einem Vorderhornkern komme, möchte ich nicht zuviel Gewicht legen. Die Zellengruppen, denen seine Fasern entstammen, liegen zum Teil in den Seitenabschnitten, zum Teil in den basalen Strecken der Mantelschicht.[1])

Beim Übergang zum Mittelhirn verbreitert sich das Markrohr, besonders an seiner Basis und nun sammeln sich aus der ziemlich breiten Querzone

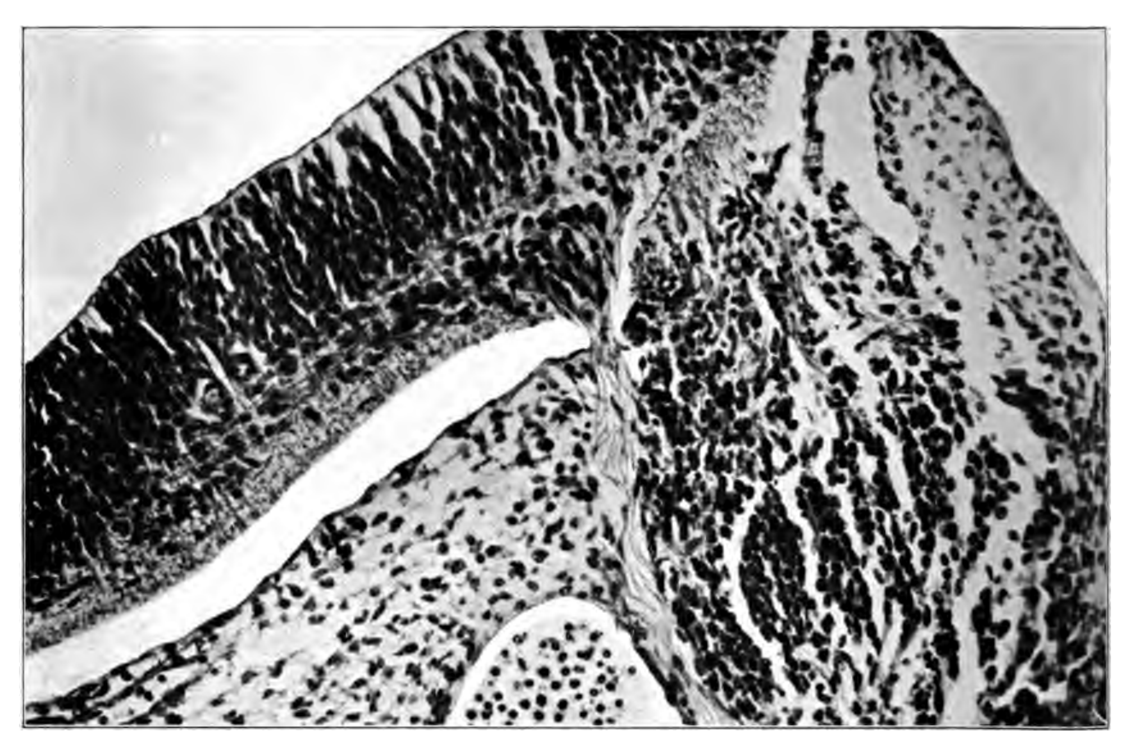


Fig. 30. Anderer Schnitt aus derselben Gegend, etwas stärker vergrößert. (Zu Seite 49.)

nebeneinander liegende Oculomotoriusbündel. Der N. oculomotorius ist ein ausgesprochener Vorderhornkern (Fig. 32, S. 52). Der Seitenhornanteil der Mantelschicht beteiligt sich an der Bildung von ventralwärts gerichteten Bogenfasern. Die Decke des Mittelhirns ist in ihrer Entwicklung wenig

[1]) Max Fürbringer, Morphologische Streitfragen Morphol. Jahrb. XXX 1902 S. 105, spricht denselben Gedanken aus, daß im Bezirk des Trochlearis- und des Oculomotoriuskernes die medial-motorische und die lateral-motorische Nervenreihe nicht so scharf ausgesprochen sei, wie im übrigen Hauptteile des Kopfes und im Rumpfe. In diesem Punkte nähern sich unsre Auffassungen, in andrer Hinsicht stehen wir auf völlig verschiedenem Boden.

fortgeschritten. Einige zerstreut liegende Bogenfasern finden sich in der an den Isthmus stoßenden Strecke.

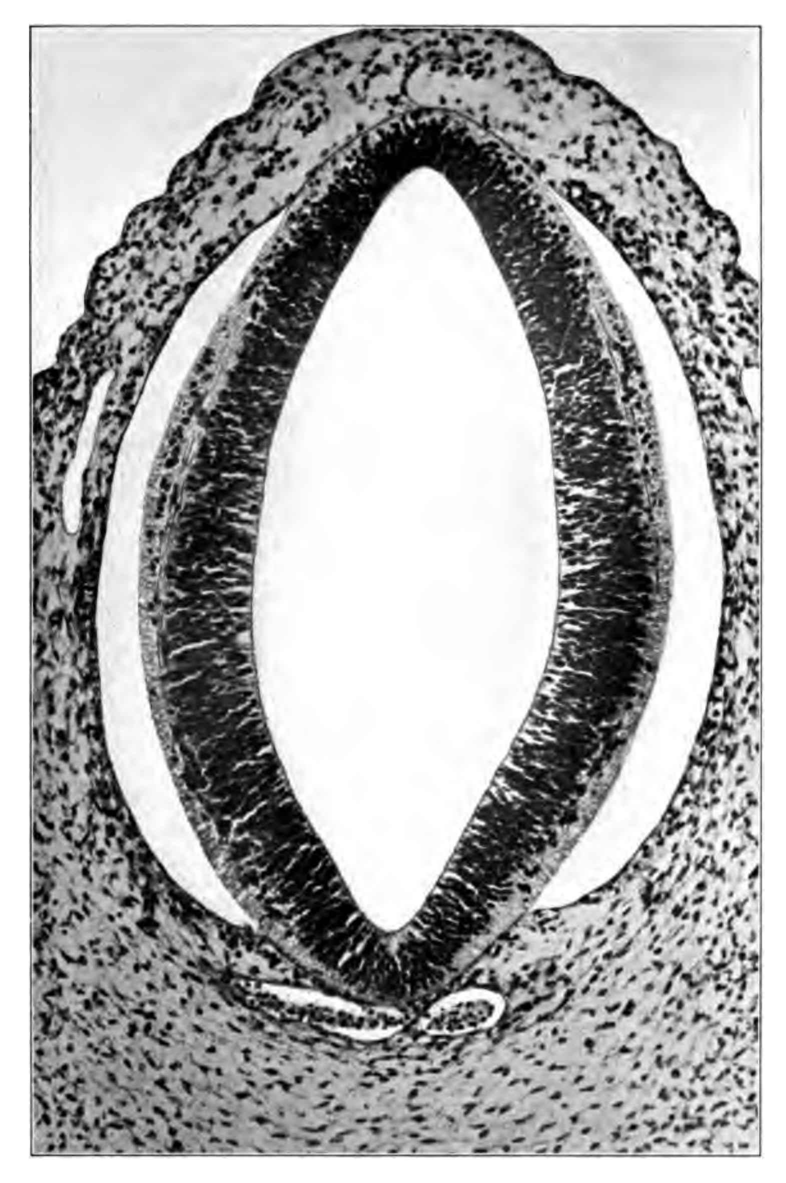


Fig. 31. Embryo Br 3, Isthmus, beiderseits sieht man eine Strecke weit dem Trochleariskern und die dorsalwärts emporsteigenden Trochleariswurzeln. (Zu Seite 49.)

Auch in der Decke des Zwischenhirns sind kaum Spuren einer neuroblastenführenden Mantelschicht vorhanden. Die Hemisphären sind davon völlig frei. Dagegen erstreckt sich eine fortlaufende Kette von Neuroblasten

mit medullarwärts gerichteten Fortsätzen längs der Grenzen des Hypothalamus von der Gegend des Augenblasenstieles ab bis zum Beginn des Mittelhirns. Einige Zellen kommen aus dem Eingang zum Recessus mamillaris und einige zerstreut liegende Bogenfasern kommen vom hinteren Rande des Thalamus herab. Im allgemeinen konvergieren die aus diesen verschiedenen Bezirken kommenden Fasern gegen die Basis des Mittelhirns. Querschnitte



Fig. 32. Querschnitt durch das Mittelhirn vom Embryo Br 3. Man sieht die Neuroblasten des Oculomotoriuskerns als feine birnförmige Körperchen beiderseits mit zur Oberfläche strebenden Spitzen. (Zu Seite 50.)

durch das letztere zeigen anfangs mehr zerstreut liegende Faserdurchschnitte. Weiterhin aber treten im Seitenteil des Mittelhirnbodens einige scharf umschriebene rundliche Bündelchen auf. Sie liegen anfangs sehr oberflächlich dem Randschleier eingefügt, beim Übergang auf den Isthmus rücken sie mehr seitwärts und drängen sich dichter an die zellenführende Schicht heran, zwischen deren Elementen sie sich schließlich verlieren. Diese Bündelchen sind die ersten im Gehirn etwas geschlossen auftretenden Bildungen, ihrer Lage nach sind sie dem System der sogenannten hinteren Längsbündel (Fasc. longitudinales mediales BNA) zuzuteilen. Im übrigen

finden sich im Randschleier und nach einwärts davon durch den gesamten ventralen Markbezirk hindurch bis zum Rückenmark hinab zerstreute Längsfasern. Hier schließen sie sich den Faserzügen des Vorderstranges und des Vorderseitenstranges an. Ihre Menge wechselt in den verschiedenen Höhen, was darauf hinweist, daß es sich um Komplexe von kurzen Bahnen handelt.[1])

Fassen wir die Entwicklungsvorgänge bis zum Schluß des ersten Monats nochmals zusammen, so ergibt sich, daß die Differenzierung der verschiedenen Strecken des Markrohres sich eingeleitet hat, aber noch in ihren ersten Anfängen sich befindet. Der maßgebende Grundvorgang ist die Sonderung einer neuroblastenhaltigen Mantelschicht. Diese tritt zuerst in der ventralen Hälfte der Röhrenwand auf, und hier kommt es zur Bildung der motorischen Kerne mit ihren mehr oder minder ausgeprägten Eigentümlichkeiten. Die Mantelschicht der dorsalen Markhälfte des Rückenmarkes, des Rautenhirns und teilweise die des Mittelhirns ist anfangs noch dünn, und sie liefert Bogenfasern, die im ventralwärts gerichteten Verlauf teilweise die Mittellinien überschreiten, teils in die Vorder- und Seitenstranggebiete derselben Seite umbiegen. An der Bildung von Bogenfasern ist übrigens die ventrale Röhrenwand mit beteiligt, deren Neuroblasten nur zum Teil Wurzelfasern liefern. Im dorsalen Teil des Vorderhirns ist es noch nicht zur Bildung von Bogenfasern gekommen, dagegen beginnen in dessen basaler Strecke Längsfaserzüge mit spinalwärts gerichtetem Verlaufe aufzutreten.

---

[1]) Nach FLECHSIG entwickeln sich die Markscheiden unter allen Faserzügen des Gehirns zuerst an den hintern Längsbündeln (gegen die Mitte des Fötallebens). Er bezeichnet die hintern Längsbündel als kurze Bahnen, die mit den Vorderstranggrundbündeln in Verbindung stehen und legt besonderes Gewicht auf ihre Beziehungen zu den Augenmuskelkernen. (P. FLECHSIG, Plan des menschl. Gehirns 1883 S. 27 u. 28.)

Die Entwicklung der Großhirnhemisphären.

Die erste morphologische Entwicklung des Hemisphärenhirns.

Obwohl ich die Formentwicklung des menschlichen Vorderhirns während der Zeit des zweiten Monats schon in meinem Aufsatz vom Jahre 1889 ausführlich besprochen habe, komme ich hier auf den Gegenstand zurück. Ich habe das schwierige Kapitel nochmals von Grund aus durchgearbeitet und auch mein Material nach vor- und nach rückwärts zu erweitern vermocht. So hoffe ich denn, daß die nunmehrige Darstellung, trotz unvermeidlicher Wiederholungen von früher Gesagtem, zur Klärung der Verhältnisse Neues beitragen wird.

Die Abgliederung und früheste Gestaltung der Hemisphären.

Die Hemisphärenanlage scheidet sich vom übrigen Vorderhirn so früh, als dieses nebst den Augenblasen überhaupt angelegt ist und noch vor Vollendung des Gehirnschlusses (Fig. 2, S. 10). Sie bildet jederseits eine konvexe Vorwölbung, die die Augenblase rostral- und scheitelwärts überragt, und sie setzt sich von dieser durch eine seicht einspringende Furche ab. Diese Furche, die Stielfurche, geht scheitelwärts auf die Decke des Gehirnrohres über und trifft in der Mittellinie mit der der anderen Seite zusammen. Ihr unteres Ende verliert sich breit auslaufend in der rostralen Schlußwand des Gehirnrohres; der Augenblasenstiel, vor dem sie ausläuft, gehört noch zum Telencephalon. Ich finde die Stielfurche schon bei den jüngsten von mir geschnittenen menschlichen Gehirnen, bei Lg (2.95 mm) bei Rf[2]) und bei dem 14 Tage alten, vorzüglich erhaltenen Embryo EB (3.2 mm).[2]) Gemäß der Schrägstellung der Augenblasen, beginnt die Hemi-

[1]) Abhandl. der k. s. Ges. d. Wiss., math.-phys. Kl. 1889 Bd. XV S. 675 ff.

[2]) Anat. menschl. Embr. III Taf. IX und Aufsatz über die Formentwicklung des menschl. Vorderhirns. Ich verweise überdies auf meinen Aufsatz: Zur allg. Morphologie des Gehirns, His' Archiv 1892 S. 346 ff. und speziell auch auf meine, durch Herrn F. Ziegler in Freiburg i. B. herausgegebenen Gehirnmodelle.

sphärenanlage in ihrem basalen Abschnitt schmal, und sie verbreitert sich nach der Decke zu. Sie hat demnach eine etwas retortenförmige Gestalt, der Hals der Retorte entspricht dem späteren Riechhirn.

An der Innenfläche des Vorderhirnrohres erscheint das Gegenbild der Außenfläche: Der außen vorgewölbten Stelle entspricht innen eine gerundete Ausbuchtung, der äußeren Furche eine innere flach vorgewölbte Leiste von dreieckiger Grundform. Es sind dies noch einfache Formen, aber sie sind für die nachfolgende Gliederung von entscheidender Bedeutung. Die dreieckige, vor dem Zugang zur Augenblase liegende Leiste ist die erste Anlage des Streifenhügels, die darüber befindliche Ausbuchtung bezeichnet den Ort des Palliums (Fig. 33). Die Streifenhügelleiste läuft im Gebiet des Riechhirns aus. Der noch unverschlossene Teil des Neuroporus liegt ziemlich hoch, auf der Grenze der Gebiete von Rhinencephalon und Pallium.



Fig. 33. Plattenmodell des Gehirns vom Embryo EB, innere Oberfläche. Man erkennt die flache, der Hemisphärenhöhlung entsprechende Vertiefung und die Anlage des Streifenhügels. Letzterer erscheint an der Figur als dreieckiges helles Feld, das nach rückwärts den Rand des noch weit klaffenden Augenblasenzuganges bildet. Nach oben setzt es sich von der Höhlung des Pallium ab, und es erreicht mit seiner vordern obern Kante den Neuroporus.

Vom Boden des Recessus opticus ab bis zur Zwischenhirngrenze hängen die zwei Hemisphärenhälften unmittelbar zusammen ohne Andeutungen einer Zweiteilung. Die hintere Grenze der Hemisphären zerfällt in einen oberen und einen unteren Abschnitt. Ersterer trennt das Pallium vom späteren Sehhügel, die untere Grenzhälfte liegt hinter der Anlage des Streifenhügels und fällt in dieser frühen Zeit noch in die Vorderwand der Augenblase. Später, wenn die Abschnürung der Augenblase weiter fortgeschritten ist, hängt der Streifenhügel auch seinerseits eine Strecke weit mit dem Sehhügel zusammen, und weiter basalwärts liegt er vor dem Hypothalamus, bez. vor dem Recessus opticus. Wir haben somit von frühester Zeit ab und durch

alle folgenden Perioden folgende vier Grenzsäume des Hemisphärenhirns (Fig. 34 u. 35):

1) Rhinencephalon mit Rhinencephalon und Pallium mit Pallium	Margo reuniens.
2) Pallium mit Thalamus	„ thalamicus.
3) Corpus striatum mit Thalamus	„ peduncularis.
4) Corpus striatum mit Hypothalamus	„ hypothalamicus.

Die vier Ränder zeigen in der Folge sehr verschiedene Schicksale: 1 und 2 gelangen nach dem Auftreten der medianen Sichelspalte und nach

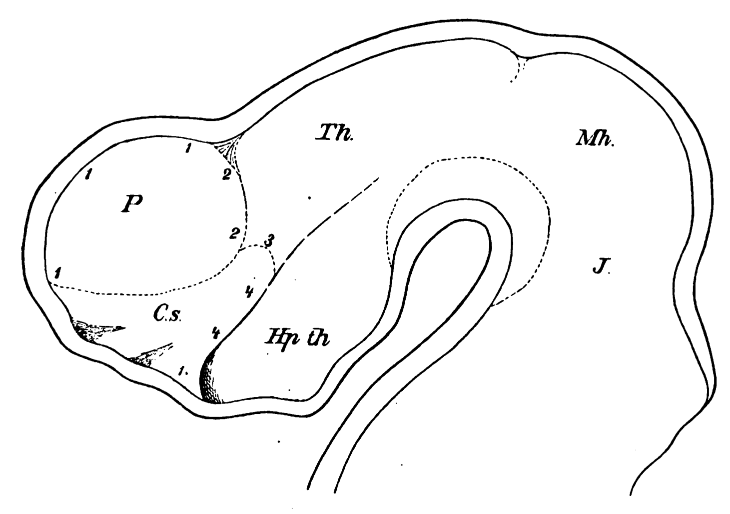


Fig. 34. Innenfläche des Vorderhirns von Embryo Br 3. Die Figur ist linear gehalten und soll die Verbindungen der Hemisphären erläutern. *P.* Pallium, *C.s.* Corpus striatum, *Th.* Thalamus, *Hpth.* Hypothalamus, *Mh.* Mittelhirn, *I.* Isthmus.

1) Margo reuniens (Rhinencephalon mit Rhinencephalon und Pallium mit Pallium)
2) „ thalamicus (Pallium mit Thalamus)
3) „ peduncularis (Corpus striatum mit Thalamus)
4) „ hypothalamicus (Corpus striatum mit Hypothalamus).

der dadurch bedingten Scheidung der beiden medialen Hemisphärenwandungen an den Grund dieser Spalte, und sie bewahren einen ependymalen Charakter. Aus Nr. 1 geht die vordere Schlußplatte des dritten Ventrikels hervor, aus Nr. 2 die Lamina chorioidea und infrachorioidea. Nr. 3, das Verbindungsstück zwischen Corpus striatum und Sehhügel, bildet die Pforte, durch die das Hemisphärenhirn mit den übrigen Hirnteilen und mit dem Rückenmark in Verbindung tritt. Nr. 4 kann sich mit seinem oberen Abschnitt noch an der Bildung dieser Pforte beteiligen, sein basaler Abschnitt bleibt von untergeordneter Bedeutung.

Die einfachen Verhältnisse dieser frühen Stufen erhalten sich bis gr— Ende des ersten Monats. Noch ist bei Embryo Br 3 (6.9 mm) keine J fissur angelegt, und auch die Überlagerung des Zwischenhirns d

Hemisphären ist noch nicht eingeleitet (Fig. 36, S. 58). Die einzige Andeutung einer Zweiteilung findet sich in einer zwischen den beiden Palliumhälften sich erhebenden niedrigen Längsleiste. Sie läuft im Scheitelgebiet aus, ohne das Riechhirn zu erreichen. Auch die innere Gestaltung der Hemisphärenwand bietet zu der Zeit keine bemerkenswerten Neuerungen. Der

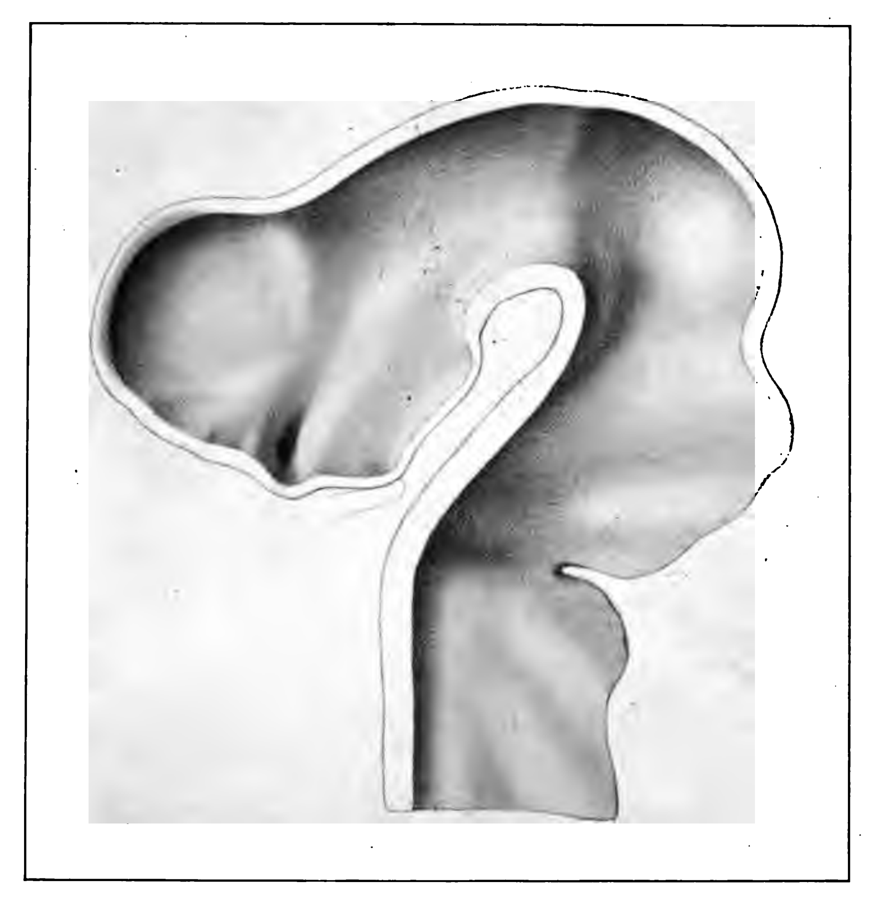


Fig. 35. Modell des Gehirns vom Embryo Br 3, innere Oberfläche. Es sind daran die drei Schenkel des Streifenhügels zum Ausdruck gebracht. (Zu Seite 56.)

Zugang zur Augenblase ist niedriger geworden, die Anlage des Streifenhügels tritt etwas bestimmter hervor, und die Grube des Hirnmantels ist vertieft. Vom Thalamus setzt sie sich mit einer rostralwärts konkaven Kante ab.

Vom Beginn des zweiten Monats ab ändert sich das Bild rasch, sowohl für die äußere, als für die innere Betrachtung. Noch hatten bei Br 3 die beiden H[illegible] itliche Vorwölbung von kugliger Gestalt gebild[illegible] treten einer medianen Fissur halbiert.

Die am Pallium vorhandene Längsleiste sinkt nämlich in die Tiefe und sie wird, ohne zunächst zu schwinden, von zwei Rinnen, den Anfängen der Sichelfurche, seitlich eingefaßt. Diese gehen nach rückwärts in die Stielfurchen über. Gleichzeitig beginnen die auseinander tretenden Hemisphären in der Richtung nach dem Zwischenhirn sich auszudehnen und das

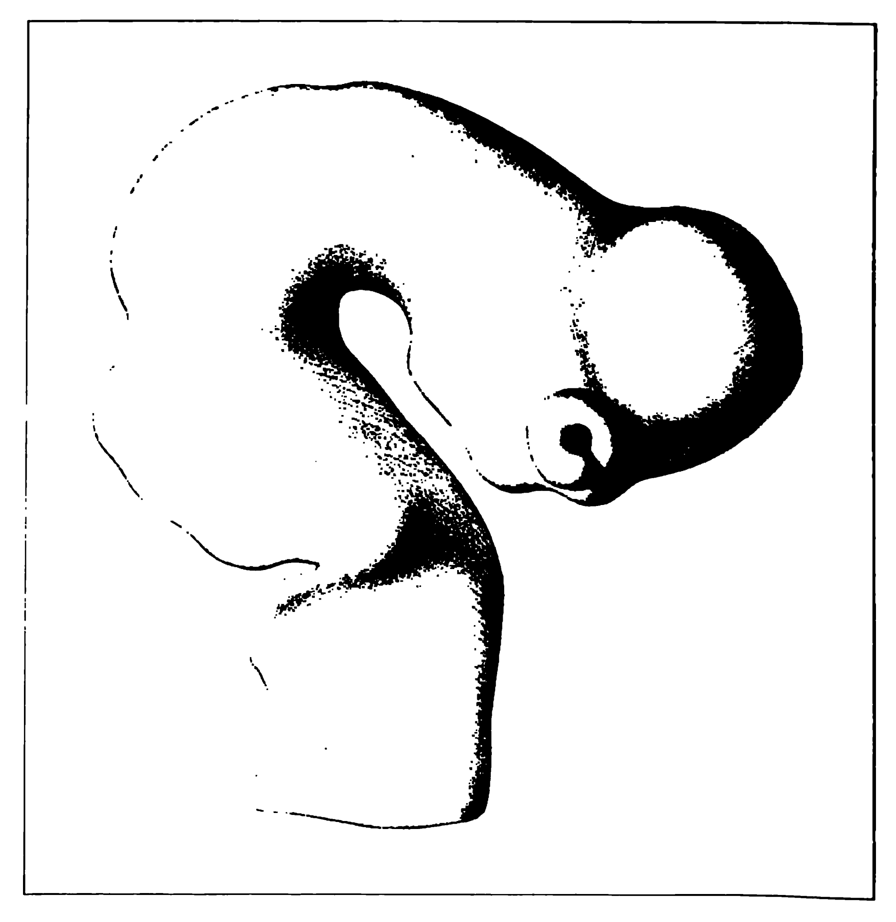


Fig. 36. Modell des Gehirns vom Embryo Br 3 von der Seite her gesehen. Die Hemisphären sind noch ungeteilt, zwischen ihnen liegt eine mediane Längsleiste, die nicht bis ins Riechhirn herabreicht. Eine Überwachsung des Zwischenhirns durch die Hemisphären ist noch nicht eingetreten.
(Zu Seite 57.)

vordere Ende des Thalamus zu überlagern. Die Sichelfurche vertieft sich in eben dem Maße, als dieser Prozeß fortschreitet. Durch ihre Vertiefung kommt es zur Scheidung des ursprünglichen Ventriculus impar in die beiden Lateralventrikel, sowie zur Ausbildung einer medialen Hemisphärenwand. Diese geht aus den an den Margo reuniens und thalamicus anstoßenden Randstrecken hervor.

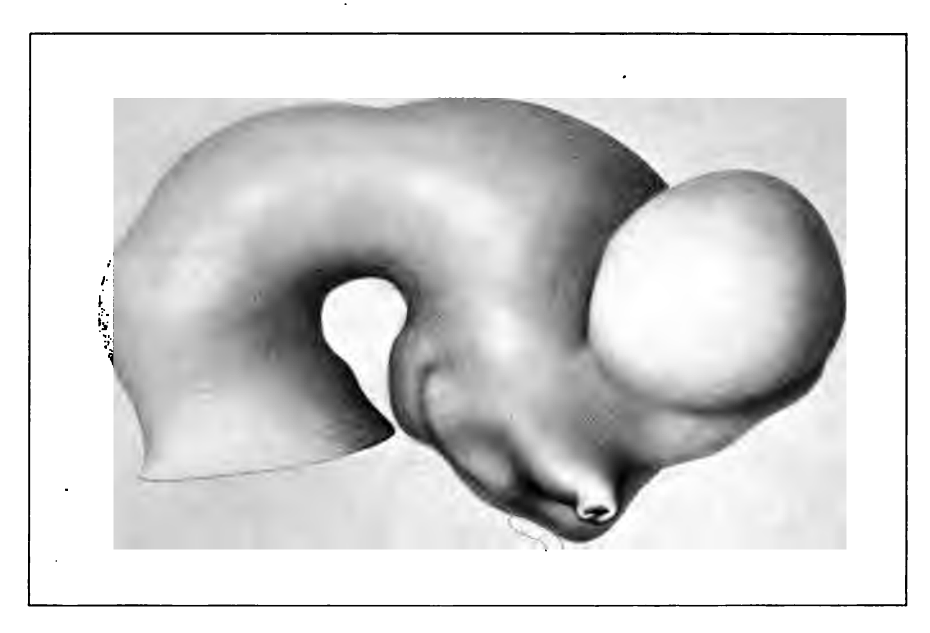


Fig. 37. Außenfläche des Vorderhirns vom Embryo Ko, nach dem Modell. Beginnende Überlagerung des Zwischenhirns durch die Hemisphäre. Umgrenzung des Riechhirns. (Zu Seite 60.)

Beim Übergang vom ersten zum zweiten Monat beginnt die Sonderung des Riechhirns vom Pallium bemerkbar zu werden. In schwachen Andeutungen ist die Umgrenzung schon am Plattenmodell von Br 3 erkennbar



Fig. 38. Innere Oberfläche des Vorderhirns vom Embryo Ko, nach dem Modell gezeichnet. Weites Foramen Monroi, vorderes und hinteres Riechhirn. (Zu Seite 60.)

(S. 58 Fig. 36), aber in bestimmter Weise tritt sie erst bei Embryonen von 10 mm und darüber auf (Fig. 37, S. 59). Das Riechhirn zeigt sich an Plattenmodellen aus der Zeit als flache, ringsherum von einer seichten Furche umgebene Erhebung von gestreckter Bohnenform. Vordere und hintere Hälfte werden durch eine an der medialen Seite beginnende Einbuchtung, die Fissura mesorhinica (Fig. 38, S. 59), voneinander abgegrenzt. Die das Riechhirn lateralwärts begrenzende Furche, TURNERs Fissura rhinica, trifft nach rückwärts mit dem basalen Ende der Stielfurche zusammen (Fig. 39). Im Gegensatz zu der die Hemisphären scheidenden tiefen Sichel-

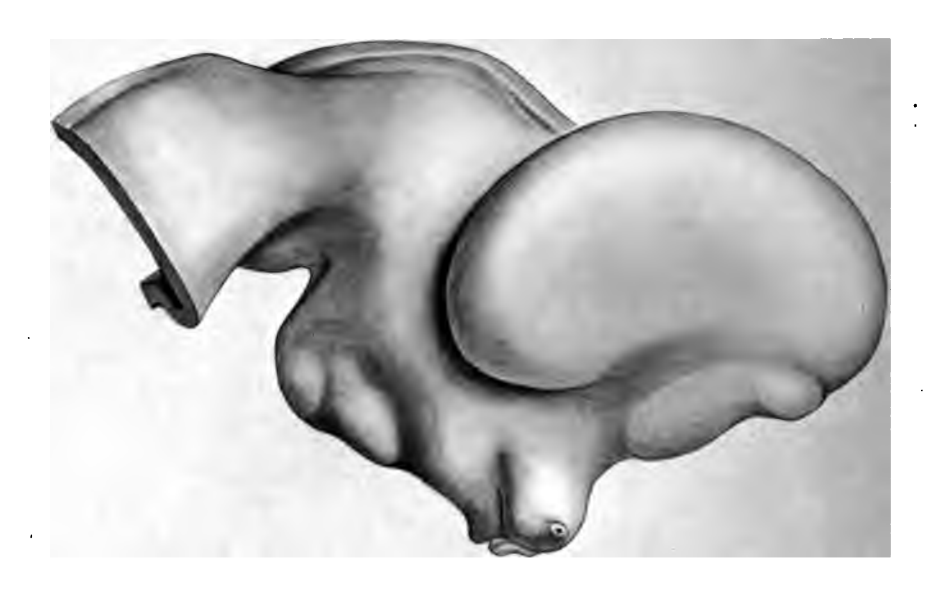


Fig. 39. Seitenansicht des Gehirns vom Embryo CR, nach dem Modell gezeichnet. Das Riechhirn mit seinen beiden Abteilungen, die Fissura peduncularis, F. rhinica und mesorhinica, zeigen sich. Ihnen entsprechen an der Innenfläche die drei Schenkel des Streifenhügels.

furche bewahrt der basale, zwischen dem Augenblasenstiel und dem Riechhirn hindurchtretende Teil der Stielfurche den Charakter einer seichten Rinne.

Sobald die Umgrenzung des Riechhirns kennbar geworden ist, lassen sich auch die Hauptabteilungen des Palliums mit Sicherheit bestimmen. Der das vordere Riechhirn berührende Teil wird in der Folge zum Stirnlappen, der über dem hinteren Riechhirn liegende zum Schläfenlappen. Von der zweiten Hälfte des zweiten Monats ab überholt der Hemisphärenmantel das Riechhirn mehr und mehr im Wachstum und überragt es nach vorn und nach rückwärts mit freien Ausladungen. Die Verschiebung des Schläfenlappens über seiner befestigten Basis nach vorn führt in der Folge (im vierten Monat) zur Bildung des rückläufigen Uncus.

Streifenhügel und Riechhirn in ihren gegenseitigen Beziehungen.

Es wurde oben (S. 55) hervorgehoben, daß die als dreieckige Leiste schon früh erkennbare Anlage des Streifenhügels rostralwärts in die Wand des Riechhirns ausläuft. Nachdem die Sonderung der beiden Riechhirnhälften voneinander, sowie vom Hemisphärenmantel und vom Zwischenhirn schärfer sich ausgeprägt hat, tritt auch am Streifenhügel eine bestimmtere Gliederung hervor. Dem System der äußeren Furchen (dem Sulcus peduncularis, der Fissura rhinica und Fissura mesorhinica, entsprechend, scheiden sich am rostralen Ende des Streifenhügels drei Schenkel, deren einer vor dem vorderen Riechhirn ausläuft, der zweite zwischen vorderem und mittlerem Riechhirn und der dritte zwischen dem hinteren Riechhirn und dem Sehhügel und Recessus opticus (Crus epirhinicum, mesorhinicum und metarhinicum). In ihren ersten Andeutungen ist diese Dreigliederung des Streifenhügels schon bei Embryo Br 3 erkennbar (Fig. 34 u. 35, S. 56 u. 57).

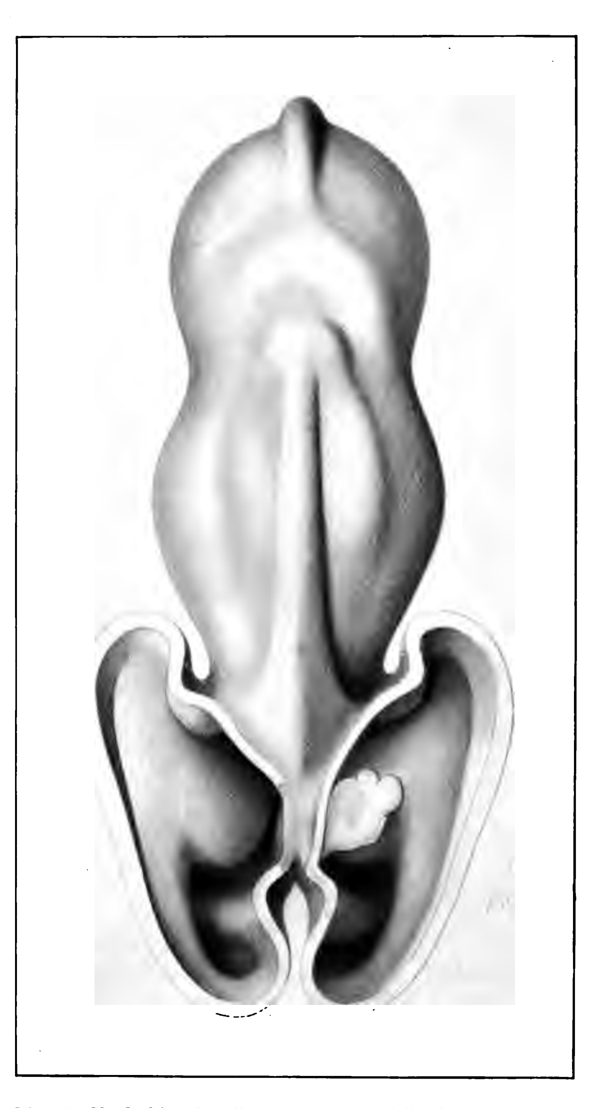


Fig. 40. Vorderhirn desselben Embryos (Modell), die Hemisphären sind von oben her eröffnet, rechts vom Beschauer ist das noch relativ wenig umfangreiche Corpus chorioideum dargestellt, links ist es weggelassen. Man sieht von oben her den Streifenhügel und den Eingang der Höhlungen des vorderen und des hinteren Riechhirns; die von der medialen Wand aus einspringende Falte entspricht der Fissura prima. (Zu Seite 64.)

Der Schweif des Streifenhügels bildet sich später als die drei vorderen Schenkel und seine Ausbildung hält Schritt mit der des Lobus occipitalis und temporalis. Indem sich nämlich die hintere Hemisphärenhälfte über den Thalamus wegschiebt und

zugleich basalwärts senkt, verschiebt sich auch das schmale Ende des Streifenhügels nach rückwärts und basalwärts. Es behält dieser caudale Abschnitt des Streifenhügels seine Lage über dem Beginn der Stielfurche



Fig. 41. Durchschnitt durch das Vorderhirn vom Embryo Oe. Die rechte Seite zeigt, dem Hinterhorn des Ventrikels zugekehrt, den Schweif des Streifenhügels, vorn dagegen die drei Schenkel, von denen der hintere mit scharfer Kante gegen das Foramen Monroi vortritt. Auf der linken Seite sieht man die Verwachsung des mittleren Schenkels mit der der Fiss. prima entsprechenden Falte der medialen Wand. Die hintere Riechhöhle hängt nach rückwärts mit dem übrigen Seitenventrikel zusammen. Von der vorderen Riechhöhle sieht man links nur die quergestellte Höhle des Trigonum, rechts auch die des Bulbus.
(Zu Seite 64.)

und erscheint als verdickte, den seitlichen Boden des Schläfenlappens bildende Leiste. Je weiter die Verschiebung des Hemisphärenrandes fortschreitet, um so mehr rückt das Schweifende des Streifenhügels basalwärts, und nach

vollendeter Ausbildung erscheint der Streifenhügel als eine gebogene, den vom Zwischenhirn kommenden Hemisphärenstiel umgreifende Spange, deren vorderes Ende in der Wand des Riechhirns ausläuft, während das hintere im Unterhorn des Schläfenlappens endigt. Der vordere Teil des Streifenhügels zeigt, wie dies schon von TIEDEMANN abgebildet worden ist,[1]) im

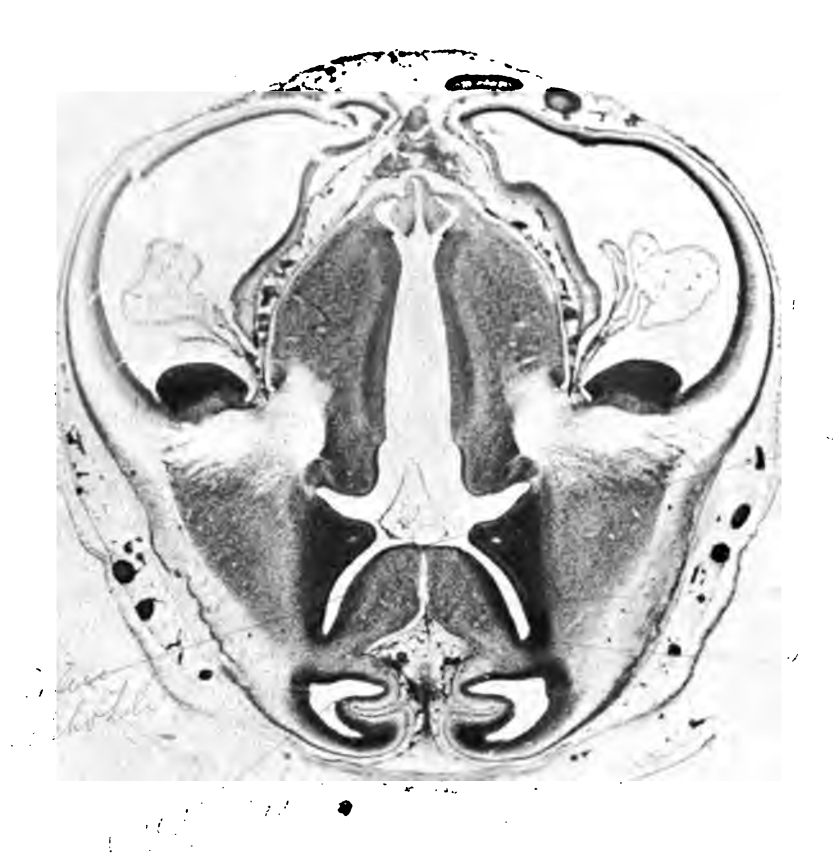


Fig. 42. Aus derselben Schnittreihe etwas tiefer. Die Verwachsung des mittleren Streifenhügelschenkels mit dem vorderen Rand der Trapezplatte ist beiderseits vom Schnitt getroffen. (Zu Seite 64.)

Verlaufe des zweiten und dritten Monats eine Teilung in einen medialen und einen lateralen Abschnitt. Ersterer beschreibt den vollen Bogen vom Riechhirn bis ins Unterhorn, und seine Breite wechselt in den verschiedenen Strecken nur unerheblich. Dagegen nimmt sich der mediale Abschnitt, von

[1]) TIEDEMANN, Anatomie und Bildungsgeschichte des Gehirns. Nürnberg 1816. Taf. II Fig. 5.

oben her gesehen, wie ein dreieckiger Anhang des lateralen aus (Fig. 40, S. 61). Er bildet eine scharfe, dem Foramen interventriculare zugekehrte Kante, deren unteres Ende in der Folge mit der medialen Wand der Hemisphären verwächst. Eine seichte, von oben nach abwärts an Breite zunehmende Furche trennt diese hintere Kante von einer stumpfen vorderen. Letztere senkt sich von der Seite her zwischen die vordere und die hintere Riechhirnhöhle ein und durch ihre Verwachsung mit der medialen Wand liefert sie die Rückwand der vorderen Höhle (Fig. 41, S. 62 u. Fig. 42, S. 63). Von den beiden Kanten des medialen Streifenhügels ist die hintere aus dem primären Crus metarhinicum, die vordere aus dem Crus mesorhinicum hervorgegangen. Das aus dem Crus epirhinicum entstandene vordere Ende des lateralen Streifenhügels geht in die Seitenwand des vorderen Riechlappens über.

Die Bildung der medialen Hemisphärenwand.

Es lassen sich, wie oben (S. 56) gezeigt wurde, an der Umgrenzung der Hemisphären von früh ab vier Abschnitte unterscheiden: der mediale Rand, der Thalamusrand, der Stielrand und der Hypothalamusrand. Von den an diese Ränder stoßenden Strecken liefern in der Folge die beiden ersteren das Material zur Bildung der medialen Hemisphärenwand. Während des zweiten und dritten Monats hängen die beiden Hemisphären in der Mittelebene durch eine schräg ansteigende dünne Ependymplatte, die vordere Schlußplatte oder Lamina reuniens[1]) zusammen. Diese Platte rückt mit zunehmender Vertiefung der medialen Hirnspalte dicht an den hinteren Schenkel des Streifenhügels heran und schließlich an diesem vorbei bis an den Rand des Sehhügels und den Eingang zum Recessus opticus. Der davor liegende Teil der medialen Hemisphärenwand gehört mit seinem basalen Abschnitt dem Riechhirn an, mit dem darüber befindlichen dem Stirnhirn.

Die tiefgreifendsten Veränderungen erfährt der vordere Teil der medialen Hemisphärenwand im Bereich des Riechhirns. Schon vom Beginn des zweiten Monats ab wird dieses durch eine seichte, von der medialen

---

[1]) Die Ausdrücke „Schlußplatte“ und „Lamina terminalis“ brauche ich nicht in gleicher Bedeutung. Das Wort Schlußplatte, Lamina reuniens ist ein embryologischer Ausdruck, der die Vereinigungshaut der beiden Seitenwandungen des Hirnrohres bezeichnet. Dagegen ist das Wort Lamina terminalis, Endplatte, der althergebrachte anatomische Ausdruck für die dünne, den dritten Ventrikel nach vorn abschließende Membran; sie geht aus dem untern Abschnitt der Schlußplatte hervor und ist gleich dieser ein ausschließlich ependymales Gebilde.

Als Area terminalis bezeichnet G. Retzius (Menschenhirn S. 1) die etwas vorgewölbte Vorderwand des Recessus opticus und als Fenestra laminae terminalis den verdünnten medianen Streifen derselben.

Seite ausgehende Furche, die **Fissura mesorhinica**, in einen vorderen und einen hinteren Lappen geschieden. Die Scheidung ist keine durch-



Fig. 43. Durchschnitt durch das Vorderhirn von Embryo Stg, desselben, von dem auch Fig. 41 stammt.[1]) Der Schnitt zeigt die geknickte Form der vorderen Riechhöhle. Durch die laterale Falte werden die Höhlen des Bulbus und des Trigonum voneinander geschieden. Die hintere Riechhöhle ist nur noch rechts zu sehen, als enger Spalt, der im Begriff steht, vom übrigen Seitenventrikel sich zu trennen. Links ist die hintere Riechhöhle nicht mehr im Schnitt, dagegen erscheint hier der Seitenabschnitt der bei Stg noch unverbundenen Commissura anterior. (Zu Seite 66.)

[1]) Durch ein Versehen steht bei Fig. 41, dass der Schnitt vom Embryo Oe stamme, er stammt von Stg. Dagegen gibt Fig. 42 einen Schnitt von Oe.

greifende, und so stellt sich das Riechhirn, von der Basis her gesehen, als ein lateralwärts ausgebogener Wulst da. Diese Grundform ist noch lange

erkennbar und sie prägt sich in der Folge noch schärfer aus. Während des zweiten und dritten Monats schneidet die Fissura mesorhinica tiefer in das Riechhirn ein, anfangs ohne die laterale Verbindung der beiden Lappen zu unterbrechen. Eine Fortsetzung der Fissura mesorhinica greift als Fissura prima eine Strecke weit auf die mediale Hirnwand über, von ihr wird nachher die Rede sein.

Durch Vertiefung der umgrenzenden Furche sondert sich das Endstück des vorderen Riechlappens oder dessen Bulbusteil in zunehmendem Maße von dem überliegenden Stirnhirn. Der Bulbusteil bewahrt eine sagittale Richtung und er gliedert sich durch eine von der Seite her erfolgende Einknickung von einem quer gelagerten Abschnitt des vorderen Riechhirns ab (Fig. 43, S. 65). Letzterer ist die Anlage des Trigonum. Wenn sich im Verlaufe des vierten Monats der Bulbus vom Stirnhirn abgelöst hat, vermittelt das quergestellte Trigonum seine Verbindung mit dem übrigen Gehirn. Noch bis in den vierten Monat hinein steht die sagittal verlaufende Bulbusspalte in offener Verbindung mit dem Seitenventrikel. Im Verlaufe des fünften Monats (16 cm SSl.) finde ich die Bulbushöhle verklebt, die Trigonumhöhle noch als kurzen, vertikalen, nach oben sich öffnenden Gang.



Fig. 44. Konstruktionsbild der medialen Hemisphärenwand von Embryo Se (16 mm Nl.). 1. Margo reuniens, 2. Margo thalamicus, 3. Margo peduncularis, 4. Margo hypothalamicus. Der Ort der Fissura chorioidea ist schraffiert, das noch sehr weite Foramen Monroi ist dunkel gehalten.

Der vordere Abschnitt der medialen Hemisphärenwand zerfällt durch die nachher zu besprechende Fissura prima in einen dem vorderen Rand zugekehrten, im Bogen zum Scheitel emporsteigenden Streifen und in ein an die Schlußplatte anstoßendes, nach unten und nach oben hin sich verjüngendes Feld, das Trapezfeld. Die Schlußplatte der medialen Hemisphärenwand geht mit scharfer Knickung in die mediale Schlußplatte der Thalamuswand über (Fig. 44 u. Fig. 45, S. 67). Mah kann diese Stelle als vorderen Thalamuswinkel, Angulus praethalamicus, bezeichnen, neben ihr beginnt der Umschlagsrand der Wand des Thalamus in die mediale Hemisphärenwand, der Margo thalamicus der letzteren. Der Thalamusrand

der Hemisphäre verläuft in einer nach vorn und abwärts konkaven Bogenlinie, die bis zur Berührungsstelle von Streifenhügel und Sehhügel, dem Margo peduncularis reicht (Fig. 44 u. 45). Die Linie bildet die hintere Grenze des Foramen Monroi, von ihr aus erstreckt sich der dem Thalamus verbundene Abschnitt der Hemisphärenwand scheitel- und occipitalwärts. Dieser Wandabschnitt erfährt eine weitergehende Gliederung, auf die ich unten zurückkommen werde. Sein dem Thalamus angehefteter Randstreifen bleibt ependymal und in ihm bildet sich die Fissura chorioidea, von der aus die Epithelfaltungen des Corpus chorioideum in den Seitenventrikel sich einstülpen. Die Spalte ist anfangs nur kurz angelegt[1]) und sie beginnt dicht hinter dem Angulus praethalamicus; weiterhin verlängert sie sich und erstreckt sich nach voller Ausbildung des Schläfenlappens bis in die Nähe des Uncus herab. Der zwischen der Fissura chorioidea und dem Thalamus liegende Teil der medialen Hemisphärenwand bewahrt anfangs seine Unabhängigkeit, später legt er sich dem Thalamus dicht an und wird zur Lamina affixa der BNA.[2])



Fig. 45. Gleiche Darstellung von der Hemisphärenwand von Embryo Mr (22 mm Nl.). (Zu Seite 66.) Diese, sowie Fig. 44 sind etwas stark vornüber geneigt, daher der konkave Rand nach abwärtsgekehrt erscheint. Man vgl. oben Fig. 35 S. 57 und Fig. 38 S. 59.

Die über die Seitenwand des Thalamus zurückgeschlagene mediale Hemisphärenwand umgreift das Stielgebiet, in dem Thalamus und Streifenhügel zusammentreffen, und bei voller Ausbildung überragt sie dies Gebiet nach rückwärts. Basalwärts hängt sie mit der lateralen Wand, d. h. mit dem Streifenhügel zusammen. Man findet daher an Schnitten, je nach Richtung und Lage, die mediale Hemisphärenwand verbunden mit der Thalamuswand allein, oder mit dem Streifenhügel allein, oder anscheinend mit Streifenhügel und Thalamus

[1]) So bei Embryo Ha (10.5 mm) und bei CR (13.6 mm) Formentwicklung d. m. Vorderhirns Fig. 19 S. 697 u. Fig. 7 Taf. I, sowie beim entsprechenden Modell.

[2]) Diese Verwachsung läßt sich nicht, wie GOLDSTEIN will, in Abrede stellen, sie ist ja zeitlebens noch erkennbar. Der großgedruckte Satz GOLDSTEINS: „Verwachsung von ursprünglich getrennten oberflächlichen Hirnpartien findet nicht statt“, ist völlig unhaltbar und steht im Widerspruch mit den positiven Befunden.

man vgl. oben Fig. 41 bis 43. Letzteres gilt für das Stielgebiet, der Anschluß an den Thalamus ist hier nur ein mittelbarer. Die Verbindung mit dem Streifenhügel allein findet sich in dem frei nach rückwärts hervortretenden Schläfen- und Occipitalhirn.

Der Hemisphärenstiel.[1] Solange die Augenblasen noch in breiter Verbindung mit dem Vorderhirn stehen, beschränkt sich die Verbindung des Streifenhügels mit dem Sehhügel der Margo peduncularis auf einen schmalen, über dem Augenblaseneingang befindlichen Streifen, und die Verbindung erfolgt längs eines linearen Saumes von nur mäßiger Dicke. Mit zunehmender Abschnürung des Augenblasenstieles wird die Berührung zwischen Streifenhügel und Thalamus ausgiebiger. Zugleich verdickt sich aber das Verbindungsstück vom zweiten Monat ab dadurch, daß im Bereich der Stielfurche das äußere Gliagerüst reichlicher sich anhäuft. Es entsteht so ein anfangs lockeres Gewebspolster, das die Basis des Stielgebietes und des Streifenhügels bildet. Durch dessen Anwachsen wird die äußere Furche seichter, und sie gibt ihren Parallelismus mit der nach innen stark sich vorwölbenden Oberfläche des Streifenhügels mehr und mehr auf. In dieses basale Polster herein treten gegen Ende des zweiten und im Verlaufe des dritten Monats die Verbindungsfasern des Thalamus mit der Hemisphäre, sowie die Zellenmassen des Linsenkernes und des Claustrums. Die Berührungsfläche zwischen Thalamus und Streifenhügel nimmt infolge der Rückwärtsschiebung der Hemisphären mehr und mehr eine kreisförmig gerundete oder richtiger eine geschlossene Bogenform an. Vorn reicht das Stielgebiet beim zwei- bis dreimonatlichen Fötus bis zum hinteren Schenkel des Streifenhügels, sein occipitaler Rand wird vom Schweif des Streifenhügels umgriffen. An der Außenfläche des Gehirns bezeichnet die über dem Augenblasenstiel einsetzende Stielfurche den Ort des Anschlusses.

Der Anschluß des Streifenhügels an den Hypothalamus. Während des zweiten Monats erscheint der hintere Schenkel des Streifenhügels als ein mächtiger, medialwärts dem klaffenden Foramen Monroi zugekehrter Wulst, und sein unteres Ende erreicht den Boden der Hirnhöhle unmittelbar vor dem Recessus opticus, zwischen diesem und der Höhlung des hinteren Riechhirns, dem Ventriculus olfactorius posterior. So finden sich die Verhältnisse noch im Beginn des dritten Monats; der medialwärts unbedeckte Teil des Streifenhügels wird indessen schmaler, und weiterhin verschwindet er infolge der Überlagerung durch die mediale Hemisphärenwand. Eine Strecke weit verwächst er mit dieser und es entsteht zwischen dem offen bleibenden Teil des Foramen Monroi und dem

[1]) Ich habe in meinem frühern Aufsatz den Namen „Streifenhügelstiel" benutzt. Da MARCHAND dies Wort in einem andern Sinne gebraucht hat als ich, erscheint die neue Bezeichnung unverfänglicher.

Recessus opticus eine Substanzbrücke, innerhalb deren die Säulen des Fornix ihren Weg zum Corpus mamillare finden. Jene entstammen der medialen Hemisphärenwand, dieses gehört dem Hypothalamus an, der Streifenhügel wird zum verbindenden Mittelglied zwischen beiden.

Dickenwachstum der Vorderhirnwand.

Bei meinen jüngsten menschlichen Embryonen Lg, Rf usw. zeigt die Vorderhirnwand in ihren verschiedenen Abschnitten nur geringe Dickenschwankungen. So messen bei Embryo Lg die Wand des Zwischenhirns, die der Augenblasen und die der Hemisphären gleichmäßig etwa 50 μ, bei dem um weniges älteren Embryo Rf rund 55 μ; bei EB 3.2 mm schwanken die Werte zwischen 65—75 μ.[1] Die Anfänge einer ausgesprocheneren Differenzierung zeigen sich gegen Ende des ersten Monats. Laut den Messungen an Schnitten beträgt bei Br 3 (6.9 mm) die Wanddicke:

in der Seitenwand des Thalamus . . .	130—140 μ
im Corpus striatum steigt sie auf . . .	150 „
in der Seitenwand des Hemisphärenmantels	110—120 „

Am Hemisphärenmantel finden sich die größten Wanddicken im basalen Abschnitte: scheitelwärts verjüngt sich die Wand, anfangs langsam, dann aber mit Annäherung an die Mittelebene ziemlich rasch, sie geht bis auf 80 und im Bereich der medianen Leiste bis auf 60 μ herab.

Von diesem Zeitpunkt ab schreitet die Differenzierung in der Vorderhirnwand rasch vorwärts. Bei Ko (10.2 mm) mißt

die Seitenwand des Hemisphärenmantels . .	150—160 μ
die mediale den Thalamus überlagernde Wand	110 „
längs der medianen Längsleiste nur noch . .	40— 50 „
dagegen steigt die Wanddicke im Gebiete des Streifenhügels und des Riechhirns auf . .	250—380 „

Im weiteren Verlauf des zweiten Monats überholt der Thalamus den Hemisphärenmantel im Dickenwachstum etwa um das Doppelte, so messe ich an den dicksten Stellen bei den Embryonen

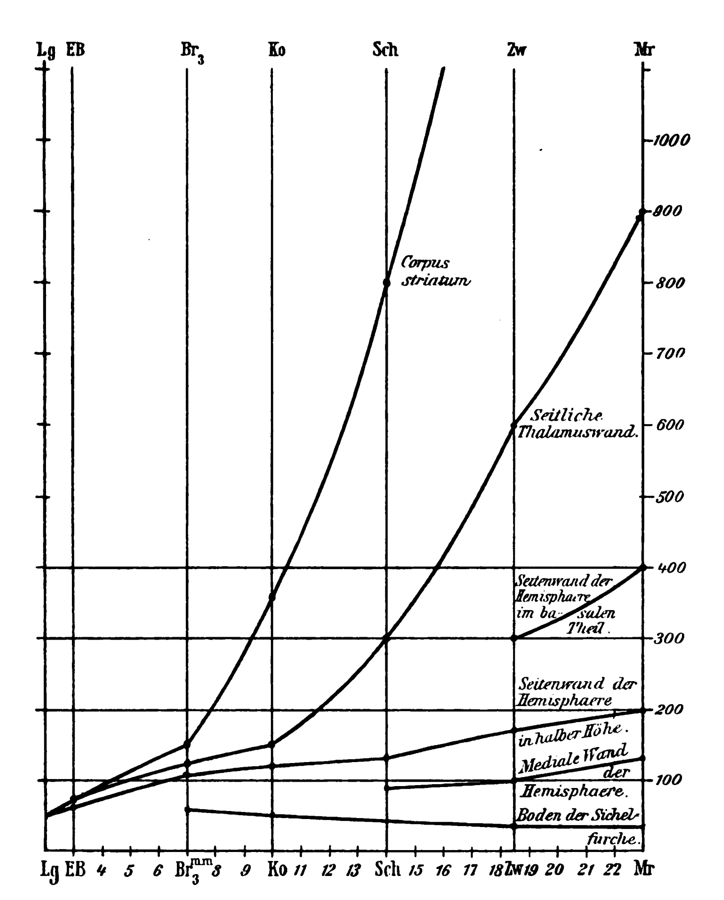
	Zw (18.5 mm)	Mr (22 mm)
die Seitenwand des Thalamus . . .	600 μ	900 μ
die Seitenwand des Hemisphärenmantels	300 „	400 „

Der Hemisphärenmantel ist in seinem an den Streifenhügel stoßenden basalen Abschnitt am dicksten und sein Durchmesser verjüngt sich stetig nach der Decke zu und von der Decke aus nach dem Grund der Median-

[1]) Die Messungen sind durchweg an Paraffinschnitten vorgenommen, sie geben somit zu geringe absolute Werte und beanspruchen nur relative Gültigkeit.

furche. Schließlich geht die Wand in die das Corpus chorioideum umkleidende Lamina chorioidea über. So messe ich

	bei Zw	bei Mr
die Dicke der seitlichen Mantelwand in halber Höhe	170 μ	200 μ
die Dicke an der Decke	110 „	170 „
„ „ „ „ medialen Wand	100 „	130 „
„ „ am Boden der Medianfurche	30 „	30 „



Das mächtigste Dickenwachstum zeigt das Gebiet des Streifenhügels und des Übergangsteiles vom Sehhügel zum Streifenhügel (des sog. Stielgebietes). Hier messe ich die maximale Dicke

bei Ko		350 μ
„ Sch	ca.	800 „
„ Zw	„	1300 „
„ Mr	„	2000 „

In beistehendem Kurvenbild sind einige der erhaltenen Werte übersichtlich zusammengestellt. Bis zu Br3, d. h. bis gegen Ende des ersten Monats, schreitet das Dickenwachstum der verschiedenen Abschnitte langsam und annähernd gleichmäßig voran. Von da ab aber eilen Thalamus und Corpus striatum der Mantelwand rasch voraus und gewinnen einen Vorsprung, den diese erst nach langer Zeit wieder einholt.

Zur Kritik normaler und postmortaler Furchen der Hemisphärenoberfläche.

Vor dem Eintreten auf fernere Beschreibungen von Flächenreliefs ist prinzipiell festzustellen, inwieweit die den Beobachtern entgegentretenden

Formen embryonaler Gehirnoberflächen den Anspruch erheben können, für normal angesehen zu werden. Die älteren Beobachter hatten sog. „transitorische Furchen“ der Gehirnoberfläche beschrieben, d. h. Furchen, von denen sie annahmen, daß sie sich im Laufe der Entwicklung wieder zurückbilden. Gegen diese Annahme wurde dann eingewendet, daß die sog. transitorischen Furchen Kunstprodukte seien, bedingt durch die Einwirkung von Alkohol oder von andern Aufbewahrungsmitteln. Es war dies ein Einwand, den man mit der Berufung auf frisch eingelieferte Präparate glaubte beseitigen zu können. Die Diskussion über transitorische Furchen ist neuerdings wieder lebhafter in Gang geraten, dabei ist eine Verschiebung des Standpunktes insofern eingetreten, als nunmehr das Hauptgewicht auf den Einfluß postmortaler Quellungsvorgänge gelegt wird. Nur dann wenn uns ein Foetus noch durchsichtig übergeben und wenn er sofort in passende Fixationsflüssigkeit gebracht wird, haben wir Aussicht, die Form der Hemisphären naturgemäß zu erhalten. Im andern Fall genügen, selbst wenn der Foetus lebend, und nicht seit einiger Zeit abgestorben, ausgestoßen worden war, wenige Stunden, um postmortale mit den natürlichen sich kombinierende Faltensysteme hervorzurufen, deren Sonderung nur einer sorgfältigen Kritik gelingt. Solche Falten treten um so rascher und ausgiebiger ein, je dünner die Hemisphärenwand ist, und sie bereiten daher in der Zeit von der Mitte des zweiten bis zum Beginn des vierten Monats die grösste Not. Manche von uns haben wohl diese Quellungserscheinungen gekannt und bei ihrer Beurteilung von Präparaten in Betracht gezogen, immerhin ist es als ein Verdienst von HOCHSTETTER anzuerkennen, daß er strenger, als andere vor ihm, auf eine Ausscheidung postmortaler Veränderungen als Irrtumsquelle hingearbeitet hat.[1]) Ob er dabei nicht übers Ziel hinausgeschossen hat, werde ich im Nachfolgenden zu prüfen haben, ich glaube, daß gerade in seiner gegen mich gerichteten Polemik störende Mißverständnisse mit untergelaufen sind.

Über eine Reihe von Punkten werden wir uns, glaube ich, leicht einigen können. Auch ich betrachte seit langem die an der Außenfläche der Hemisphären von 2—4 monatlichen Foetus auftretenden Furchen, insbesondere die an unfrischen Präparaten sehr häufig auftretenden Radiärfurchen für postmortale Erscheinungen, und ich habe dementsprechend schon in meinem Aufsatz vom Jahre 1889 erklärt, daß die laterale Fläche der Hemisphärenwand auf längere Zeit hinaus eine glatte gleichmäßig gerundete Wölbung besitzt.[2]) Zwei Foetus mit vorzüglich erhaltenem Gehirn sind mir sodann im Jahr 1891 eingegangen. Der eine maß 5, der andere 5.3 cm SSl. Das Gehirn des ersteren habe ich in der durch Herrn ZIEGLER in den

[1]) F. HOCHSTETTER, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Gehirns. 1898. In Bibliotheca medica. Stuttgart.

[2]) l. c. S. 694.



Fig. 46. Seitenansicht vom Gehirn des Foetus Bi von 5.3 cm SSl. Glatte laterale Hemisphärenfläche. Das hintere Riechhirn, bez. der Gyrus olfactorius lateralis von G. Retzius erscheint durch eine seichte Furche vom überliegenden Gebiete der Fossa Sylvii abgesetzt.

Handel gebrachten Modellreihe reproduziert, von dem Gehirn des anderen habe ich damals eine genaue Beschreibung aufgenommen und sechs Zeichnungen anfertigen lassen, die ich in den Figg. 46, 48, 53, 54, 62 u. 63 dieses Aufsatzes mitteile.[1]) Bei beiden Präparaten zeigt die mediale Hemisphärenwand nichts von Radiärfalten und so hat sich damals die jedenfalls schon

[1]) Ich verdanke den oben erwähnten Fötus Bi dem seither verstorbenen Prof. J. J. Bischoff in Basel, von dem ich s. Z. auch andere wichtige Zusendungen, die in der Anat. menschl. Embryonen beschriebenen Embryonen B, BB u. a. m. erhalten hatte; der Fötus von 5.3 cm SSl. und 2.2 cm Kopftiefe war in Müllerscher Lösung fixiert worden. Die laterale Fläche des bloßgelegten Hemisphärenmantels zeigte eine ziemlich regelmäßige bohnenförmige Gestalt, und war glatt, ihre Länge betrug 1.65 cm, die größte Höhe 1.15 cm. Ein Hintenüberhängen des Occipitalhirns war nur andeutungsweise er-



Fig. 47. Bloßgelegtes Gehirn eines Foetus von 9 cm mit glatter lateraler Hemisphärenoberfläche. Am occipitalen Rande zeigt sich das hintere Ende der Fissura calcarina.

früher gehabte Überzeugung bei mir befestigt, daß Radiärfalten auch hier als Quellungserscheinungen zu deuten sind, wie ich denn auch an dem publizierten Modell solche Falten nicht zur Darstellung gebracht habe.

Nun finden sich aber solche Furchen unglücklicherweise in einigen meiner Zeichnungen vom Jahre 1889 wiedergegeben (l. c. Figg. 26, 34, 37 und 38). HOCHSTETTER, der sich gerade mit diesen Figuren viel zu schaffen macht, wirft mir vor, daß ich auf die Deutung der Furchen im Text nicht eingegangen sei. Der Grund ist ein sehr naheliegender und ist aus der

---

kennbar. Die Fossa Sylvii zerfiel in einen oberen, allmählich ins Pallium auslaufenden und in einen unteren dem Riechhirn angehörigen Abschnitt. Eine seichte, die Grenze bezeichnende Furche entsprach TURNERs Fissura rhinica. Der letzteren entlang verlief die laterale Olfactoriuswurzel als ein gebogener heller Streifen vom vorderen zum hinteren Riechhirn (Fig. 46 u. Fig. 47). In betreff der medialen Oberfläche, der Fissura prima und der Fissura arcuata accessoria verweise ich auf die nachfolgenden Textseiten.

Stellung der Figuren im Text und aus der dabei stehenden Erklärung ohne weiteres zu erkennen. Alle vier genannten Figuren sollten Verhältnisse des Streifenhügels und des Thalamus erläutern,[1]) und dabei war es völlig gleichgültig, ob die Wand des Pallium faltig war, oder nicht. Aus den Figuren durfte eben nur das herausgelesen werden, wofür sie sich ausgaben.



Fig. 48. Vorderansicht des Gehirns von Foetus Bi.

Die Furchen, auf die ich in meiner Arbeit Gewicht gelegt habe, sind die Fissura prima oder vordere Bogenfurche und die Fissura hippocampi oder hintere Bogenfurche. Beide Furchen werden von HOCHSTETTER und neuerdings von GOLDSTEIN in Abrede gestellt und als postmortale Bildungen gedeutet. Außerdem zeigt mein Modell von der Hemisphäre eines 3 monatlichen Foetus eine oberhalb der Fissura prima den Stirnlappen sagittal durchsetzende Längsfurche, die ich bei allen meinen Präparaten wiedergefunden habe, und die auch in den Zeichnungen anderer Beobachter wiederkehrt. Diese verschiedenen Furchen, sowie das noch zu beschreibende Mittelstück der Bogenfurche, sind einzeln zu erörtern. Zuvor

[1]) Fig. 26 steht im Abschnitt „Seitenfläche des Zwischenhirns“ und sie soll laut Erklärung die Ausdehnung des frei bleibenden Thalamusfeldes demonstrieren. Fig. 34 steht im Kapitel „Streifenhügel und Seitenventrikel“ und sie zeigt die Bogenform des Streifenhügels und dessen Beziehungen zur Fossa Sylvii, während die im Kapitel der „Regio thalamica“ stehenden Fig. 37 u. 38 die Stellung und den Verschluß des Recessus geniculi erläutern.

aber habe ich noch einen wichtigen Punkt hervorzuheben, hinsichtlich dessen ich mit HOCHSTETTER übereinstimme. Überall da, wo am lebenden Gehirn Furchen in die Tiefe treten, pflegen blattartige Fortsetzungen, oder bei noch seichten Furchen Verdickungen der gefäßführenden Hirnhaut in den

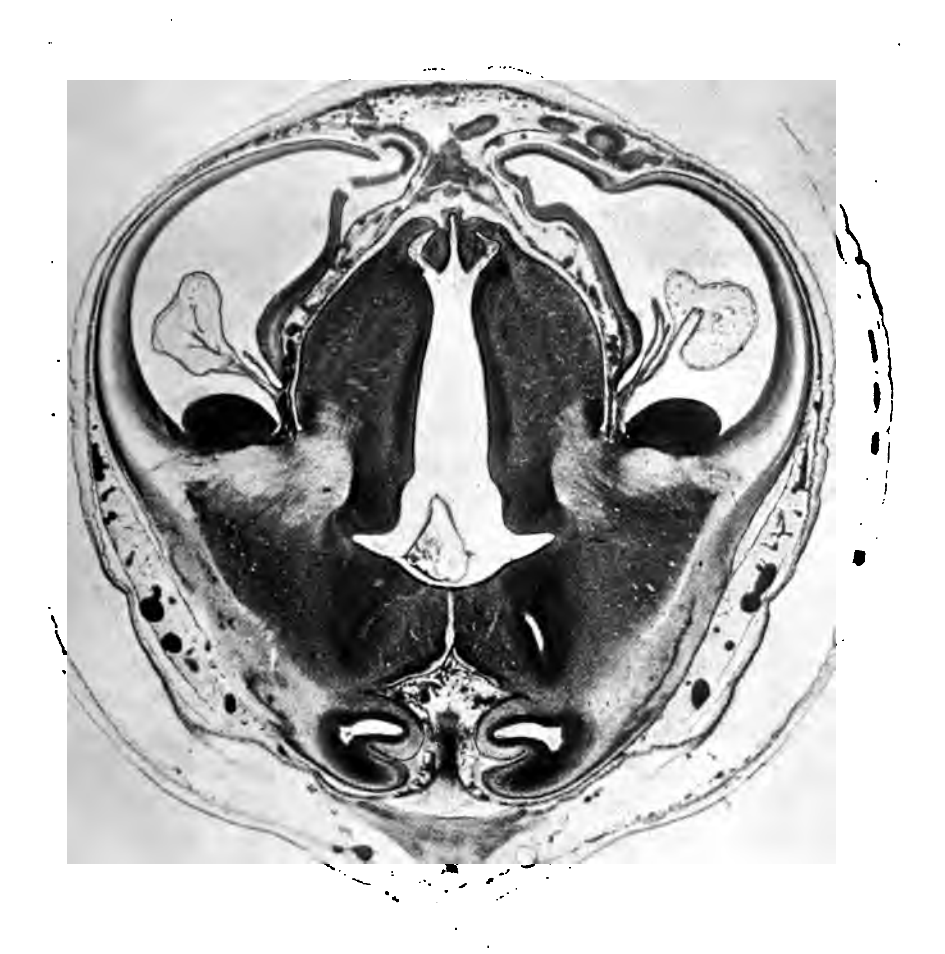


Fig. 49. Durchschnitt durch das Vorderhirn von Embryo Oe (s. o. Figg. 41 bis 43), die Höhle des hinteren Riechhirns ist nur noch rechts ein Stück weit offen. Die Hirnsichel entsendet jederseits einen zugeschärften Fortsatz in die Fissura prima. Der zwischen die Trapezplatten eintretende Fortsatz ist kurz und ausnehmend dünn.

offen bleibenden Raum sich vorzuschieben. Eine jede Furche der Gehirnoberfläche, in die sich Verdickungen oder Fortsätze der Gefässhaut eindrängen, ist dadurch als ursprünglich vorhandene, echte Bildung gekennzeichnet.

Die Fissura prima.

In meiner älteren Arbeit habe ich die Fissura prima oder vordere Bogenfurche von Embryonen des zweiten Monats als eine vom Riechhirn scheitelwärts emporsteigende, allmählich seichter werdende Furche beschrieben.[1] Ihr unteres Ende beginnt als breiter Einschnitt zwischen den beiden Abteilungen des Riechhirnes, hier nimmt sie einen dicken zum System des Riechnerven gehörigen Faserstamm auf. Ihr oberes Ende verliert sich vor der Adergeflechtfurche. Diese Beschreibung halte ich noch jetzt für zutreffend. Sie paßt auch für Embryonen des nachfolgenden dritten Monats. Zu der Zeit hat sich der Riechlappen oder das vordere Riechhirn an seiner medialen Seite durch eine aus der lateral gelegenen Fissura rhinica hervorgehende Furche, die Fissura rhinica medialis vom überliegenden Stirnlappen abgegrenzt.[2] Diese Furche trifft mit der hinter dem Riechlappen einschneidenden Fissura prima zusammen, es entsteht so eine tiefe dreieckige Grube, in deren Vorderwand der mediale Tractus olfactorius emporsteigt. Die vorhin besprochenen Figg. 26, 37 u. 38 meiner älteren Arbeit erläutern dies Verhalten in völlig charakteristischer Weise, die an ihnen hervortretenden postmortalen Furchen gehören dem oberen Hemisphärengebiete an. Fig. 37 läßt auch den aus dem Grund der Furche hervortretenden Tractus olfactorius erkennen. Auch das obere Ende der Fissura prima und die Abgrenzung des Trapezfeldes sind bei den drei Figuren gut verfolgbar.

Hinsichtlich des oberen Endes der Fissura prima bei vorgerückteren Stufen enthält dagegen meine Arbeit einige Unklarheiten: es heißt nämlich an einer Stelle,[3] daß sich die Furche in der Nähe des oberen Hemisphärenrandes verliert. Das beruht auf einer mißverständlichen Deutung und dasselbe gilt von der Darstellung der Konstruktionsfigur 36, die einen breiten Übergang der Fissura prima in eine die Adergeflechtzone umgreifende Furche zeichnet. Die Fissura prima geht zu keiner Zeit über das obere Ende der Schlußplatte hinaus. Ihr bleibender Rest ist die Fissura parolfactoria posterior der BNA.

Schon bei Embryonen des zweiten Monats erscheint der untere Teil der gefässführenden Hirnsichel in dem an die Fissura prima anstoßenden Teil sehr verbreitert und er läuft hier in drei zugeschärfte Blätter aus, ein mittleres und zwei seitliche, letztere dringen in die Tiefe der beiderseitigen Fissurae primae, das mittlere geht nach dem Grund der Sichelfurche bis in die Nähe der Schlußplatte. Ich verweise auf die obigen Figg. 42 u. 43, sowie auf Fig. 49 (S. 75). Da wo die Fissura prima in

---

[1]) l. c. S. 697.

[2]) Fissura serotina meiner älteren Beschreibung l. c. S. 724, ich lasse den Namen fallen.

[3]) l. c. S. 713.

ihrem obern Abschnitte seichter wird, verkürzen sich die blattartigen Fortsätze der Hirnsichel (s. o. Fig. 41), der Querschnitt der letzteren bewahrt dabei eine Form, die ZUCKERKANDL mit einem zweckmäßigen Vergleich als „Lanzenform“ bezeichnet hat. [1]) Bei noch weitergehender Abschwächung der Form zeigt die Sichelfalte auf dem Durchschnitt eine spindelförmige Verdickung. Soweit überhaupt solche Verdickungen der Sichelfalte nachweisbar sind, entsprechen sie stets einer Einbiegung der Hemisphärenwand.

Unter den Abbildungen meines älteren Aufsatzes finden sich (Fig. 16 bis 18) [2]) die eines menschlichen Embryos Ha, die bei noch wenig entwickelten Hemisphären bereits angelegte Bogen- und Adergeflechtsfalten zeigen. Diese drei Abbildungen sind von HOCHSTETTER besonders lebhaft beanstandet und die dargestellten Falten als postmortale Bildungen bezeichnet worden. Ich gebe meinem Opponenten zu, daß er in dem einen Punkte recht haben mag, wenn er den breiten Zwischenraum zwischen der Hirnsichel und der Hemisphärenwand als postmortale Erscheinung deutet. Dabei kann eine Retraktion des schrumpfenden Bindegewebes der Sichel ebensogut im Spiel gewesen sein, als eine durch Quellung bedingte Faltenbildung der Hemisphärenwand. Dagegen bestreite ich, daß die gezeichneten Bogen- und Adergeflechtsfalten rein postmortale Produkte gewesen sind, und ich stütze mich dabei auf die von HOCHSTETTER unbeachtet gelassene Form des Sichelquerschnittes, die bei allen drei Figuren die den Furchen entsprechenden Ausladungen zeigt.

Ich finde die ventrikelwärts gerichteten Ausbiegungen der vorderen Bogenfalte und die entsprechende Verdickung der Hirnsichel auch an den eben erst selbständig abgelösten Hemisphären eines Katzenembryos von 14 mm Nl. (Fig. 50, S. 78), wie sie denn auch ZUCKERKANDL in seinem vortrefflichen Aufsatz über Balkenbildung von der Ratte wiederholt abbildet. Über die in späteren Stufen auftretende Verdickung der Hemisphärenwand im Bereich der Trapezplatte werde ich mich weiter unten aussprechen.

Bei ihrer Opposition gegen das Vorhandensein einer vorderen Bogenfurche berufen sich sowohl HOCHSTETTER als GOLDSTEIN [3]) auf ihre Abbildungen von angeblich besonders gut erhaltenen menschlichen Foetus. Die vom ersteren Forscher als durchaus beweisend angesehene Fig. 8, Taf. II muß ich indessen als für den Zweck unbrauchbar ablehnen. Sie zeigt nicht nur auffallend flaue Formen, sondern sowohl in ihrem hinter dem Thalamus liegenden, als in ihrem Hemisphärenteil so fremdartige Faltenzüge, daß ich vermuten muß, es habe das Präparat durch irgendwelche

---

[1]) E. ZUCKERKANDL, Zur Entwicklung des Balkens und des Gewölbes 1901. Sitzungsber. d. K. Ak. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Klasse Bd. CX Abt. III S. 57 (289).

[2]) l. c. S. 696.

[3]) GOLDSTEIN, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des menschl. Gehirns. HIS Archiv 1903 S. 28ff.

Druckwirkung gelitten. Glücklicherweise teilen sowohl HOCHSTETTER als GOLDSTEIN auch Photogramme ihrer Präparate mit. Als Dilettantenleistungen sind diese zwar nicht allzuhoch einzuschätzen, auch ist der Maßstab der HOCHSTETTERschen Figuren ein sehr kleiner. Gleichwohl kann man aus denselben genügende Klarheit gewinnen. Taf. IV, Fig. 14, und noch besser Fig. 16 von HOCHSTETTER zeigen sehr deutlich den basalen Anfang der Fissura prima[1]), und noch bestimmter tritt dieser bei GOLDSTEIN (Fig. 2) hervor. Hier spricht GOLDSTEIN auch ausdrücklich von einer „Rinne die vom Trigonum olfactorium nach oben zieht.“ Die nach einem gleichfalls sehr frisch eingelegten Präparate entworfene Zeichnung von G. RETZIUS[2]) zeichnet die Furche bis zu ihrem oberen Ende, und es tritt an ihr die Abgränzung des Trapezfeldes sehr deutlich hervor. Die basalen Anfänge der Furche vor und hinter dem Riechlappen lässt RETZIUS eine Strecke weit getrennt verlaufen, der zwischen beiden dargestellte Strang ist unverkennbar der mediale Tractus olfactorius. Auch unter den älteren Abbildungen von RETZIUS[3]) zeigen verschiedene die Fissura prima und das Trapezfeld. Unter den Zeichnungen von MARCHAND[4]) kann die von dem relativ gut erhaltenen Gehirn eines Foetus von $4^1/_2$ Monat

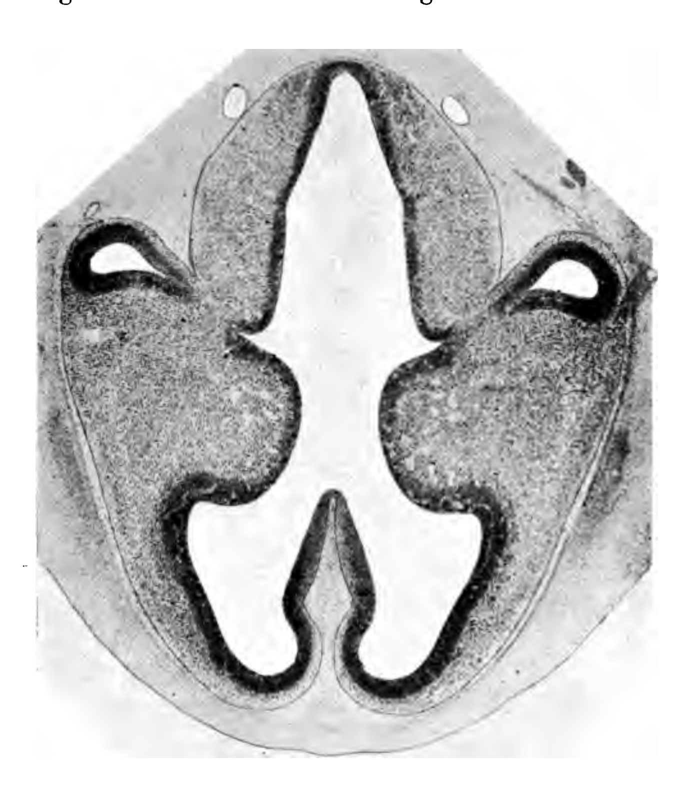


Fig. 50. Durchschnitt durch das Vorderhirn eines Katzenembryos von 14 mm Nl. An der medialen Seite beider Hemisphären erscheint die Fissura prima durch einen lanzenförmigen Fortsatz der Hirnsichel ausgefüllt. (Zu Seite 77.)

---

1) Gleichwohl sagt HOCHSTETTER l. c. S. 10 er habe keine Furche gesehen, „die auch nur annähernd der vorderen Bogenfurche von HIS entspricht“.

2) G. RETZIUS, Biolog. Untersuchungen. Neue Folge. Bd. X. 1902. Taf. XIX Fig. 3—4.

3) G. RETZIUS, Das Menschenhirn. Stockholm 1896. Taf. IV—V.

4) F. MARCHAND, Archiv f. mikrosk. Anat. 1891 Bd. 37 Taf. XV Fig. 2.

zitiert werden und endlich verweise ich noch auf die verschiedenen Konstruktionsfiguren der vorliegenden Arbeit (Figg. 44 u. 45 S. 66 u. 67).



Fig. 51. Sagittalschnitt etwas seitwärts von der Mittelebene, Foetus Cl. Die Hemisphäre ist nur leicht gestreift. Vor dem Thalamus liegt die primäre Hirnsichel mit der vorderen Bogenvene; dahinter die Trapezplatte und als dunkler schmaler Streifen, die Schlußplatte. Zwischen der Hemisphäre und dem Thalamus zieht sich eine doppelte Gefäßschicht durch, die der Tela chorioidea angehört. (Zu Seite 80.)

Das von der Fissura prima abgegrenzte Trapezfeld tritt in seiner charakteristischen Form und Umgrenzung auch an guten Sagittalschnitten hervor.

Bei der relativ bedeutenden Dicke der Trapezplatten kann das fragliche Bild an mehreren nebeneinander gelegenen Schnitten wiederkehren. Als Beispiel gebe ich in Fig. 51, S. 79 einen Sagittalschnitt durch das Gehirn eines Foetus aus dem Beginn des dritten Monats. Der Schnitt hat die eine Trapezplatte etwas seitwärts von der Mittelebene gestreift und zeigt deren beiderseitige Zuschärfung, einerseits nach dem Recessus opticus, andererseits nach dem Angulus praethalamicus hin. Vor der Trapezplatte liegt die gefäßreiche Hirnsichel, auf deren Verhalten ich nachher zurückkommen werde.

Das Vorkommen eines wohlumgrenzten Trapezfeldes beschränkt sich keineswegs auf das Gehirn des menschlichen Foetus. Ein entsprechend umgrenztes Feld kommt am Säugetierhirn in weitester Verbreitung vor. Abbildungen hiervon geben P. MARTIN vom Gehirn der Katze[1]), ZUCKERKANDL von dem der Ratte[2]), ELLIOT SMITH von dem von Phascolarctos und von Echidna.[3]) Letzterer Autor nennt das Feld die „Area praecommissuralis“ oder neuerdings „Area praeterminalis“.

Das Trapezfeld, die Bogenzone und der Limbus hemisphaericus.

Das zwischen der Fissura prima und der Schlußplatte liegende, den vorderen Abschnitt des medialen Hemisphärensaumes bildende Feld ist das Trapezfeld (die Trapezzone meines älteren Aufsatzes).[4]) Es gehört zum hinteren Riechhirn, dessen mediale Wand es liefert. Der jenseits vom Thalamuswinkel folgende und von da bis in den Schläfenlappen reichende Abschnitt kann als Bogenzone (Zona arcuata) bezeichnet werden. Trapez- und Bogenzone lassen sich im Anschluß an die BROCAsche Terminologie, als Zona limbica, oder kurzweg als Limbus hemisphaericus zusammenfassen. Die Trapezzone liegt vor dem Vereinigungsrand der medialen Hemisphärenwand, die Bogenzone über dem Thalamus- und Stielrand. In der Trapezzone und im vorderen Teil der Bogenzone sind sich die beiden Hemisphären zugekehrt und nur durch die Hirnsichel von einander geschieden. Zwischen die hinteren Teile der beiderseitigen Bogenzonen schiebt sich das Zwischenhirn ein, und durch diese Einschiebung bekommt die Hemisphärenfläche eine konkave Wölbung, die HOCHSTETTER mit einem nicht unzweckmässigen Namen als Thalamusmulde bezeichnet[5]).

---

[1]) PAUL MARTIN, Bogenfurche und Balkennetze bei der Katze. 1894. Diss.-Inaug. Jena. Fig. 3, 4 u. 8.

[2]) ZUCKERKANDL, l. c. S. 16.

[3]) ELLIOT SMITH, Anatomy of the brain in the Monotremata Journal of Anat. and Physiol. vol. XXXIII 1899 Taf. XI. Ders., Relation of the fornix to the margin of the cerebral cortex ibid. vol. XXXII S. 30.

[4]) l. c. S. 714.

[5]) „Bogenmulde“ bei MARTIN.

Die von der lateralen zur medialen Hemisphärenwand fortschreitende Bildung einer Rindenschicht rückt im Beginn des dritten Monats in der Richtung nach dem Grund der Sichelfurche vor, ohne ihn jedoch zu erreichen. Es bleibt sowohl im Trapezfeld als in der Zona arcuata ein Streifen übrig, der zwar in der Folge von Nervenfasern durchwachsen wird, der aber keine Rinde besitzt. Jenseits davon folgt, durch einen zugeschärften Saum vermittelt, eine dünne, rein ependymale Platte. Von der Zeit ab, da die Flächenausbreitung der Rindenschicht abgeschlossen ist, sind somit am Limbus zu unterscheiden:

1) ein Bezirk mit Rindenbelag, der Rindensaum oder Limbus corticalis,[1])

2) ein rindenfreier, markhaltig werdender Bezirk, der Marksaum oder Limbus medullaris,

3) der medullare Übergangssaum, die Taenia,

4) die ependymale Wandplatte. Diese gliedert sich in die Schlußplatte und in die Lamina chorioidea und infrachorioidea. Die Schlußplatte bildet den schmalen Verbindungsstreifen zwischen den beiden Trapezplatten, während die ependymale Wandplatte der Bogenzone breit angelegt wird und außer dem Überzug des Corpus chorioideum, die nach abwärts von der Fissura chorioidea sich erstreckende Lamina infrachorioidea liefert.

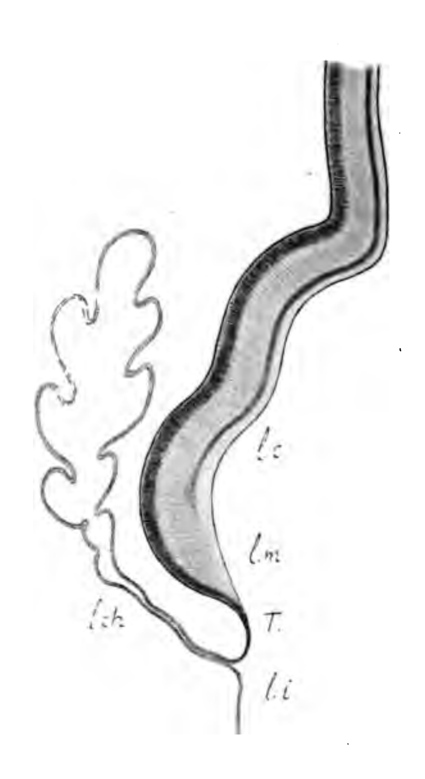


Fig. 52. Limbus der Hemisphäre im Bereich der Zona arcuata beim Foetus des dritten Monats. l. c. limbus corticalis, l. m. limbus medullaris T. Taenia, l. ch. lamina chorioidea, l. i. lamina infrachorioidea. Die nach links gekehrte Fläche ist die Ventrikelfläche, die nach rechts sehende die freie. Der verdickte Abschnitt der Hemisphärenwand ist ventrikelwärts flach eingebogen, zeigt aber dabei eine wellenförmige Krümmung; dadurch sondern sich eine obere und eine untere flache Rinne, letztere ist die Anlage der mittleren, erstere die der accessorischen Bogenfurche.

Der rindenfreie Marksaum erstreckt sich längs der gesamten Zone des Limbus vom Riechhirn ab bis zum Schläfenpol.

---

[1]) Den Limbus hemisphaericus, bez. den Limbus corticalis kann man enger oder weiter fassen. Rechnet man dazu die Lippe über der nachher zu beschreibenden Bogenfurche, so entspricht der Begriff dem „lobe limbique“ von BROCA, d. h. sie umfaßt

Hintere und mittlere Bogenfurche.

Die hintere Bogenfurche oder Fissura hippocampi des foetalen Gehirns ist auch ihrerseits angezweifelt worden, nach meiner Überzeugung aber mit



Fig. 53. Gehirn des Foetus Bi, 5.3 SSl. (s. o. Figg. 46 u. 48) nach Wegnahme der rechten Hemisphäre. An der medialen Wand der linken Hemisphäre zeichnet sich die accessorische Bogenfurche. Außerdem sieht man den Bogen des Streifenhügelschweifes. (Zu Seite 85.)

vollem Unrecht. Sie sowohl, als die in ihrer oberen Verlängerung liegende mittlere Bogenfurche sind sehr wohl charakterisierte Bildungen, und mit postmortalen Produkten in keiner Weise zu verwechseln. Es wird, wie mir

---

auch den Gyrus fornicatus. Faßt man den Begriff enger und rechnet zum Limbus corticalis nur den Boden der Bogenfurche, so entspricht er, abgesehen von seinem Trapezanteil, der Ammonsformation, oder dem Gyrus dentatus der Autoren (EDINGER, Vorlesungen 6. Aufl. 1900, S. 197 ff.); bei ELLIOT SMITH gehört dahin die bei Monotremen bis über die Area praecommissuralis sich erstreckende Fascia dentata.

scheint, genügen, wenn ich, unter Zurückdrängung polemischer Erörterungen, einfach beschreibend vorgehe, wobei ich die Verhältnisse vom Foetus des dritten Monats zu Grunde lege.

Der Limbus der Zona arcuata entstammt dem Thalamussaum der medialen Hemisphärenwand, er legt sich der freien Oberfläche des Thalamus von oben und von der Seite her an, und sein Anschluß an den letzteren erfolgt im Grunde der seitlichen Sichelfurche mit rascher Umbiegung. An Querschnitten durch das Vorderhirn tritt dieser Anschluß, je nach Ort und Schnittrichtung, entweder als scharfer Rand frei hervor, oder er zeigt sich



Fig. 54. Mediale Fläche der abgelösten rechten Hemisphäre desselben Foetus. Man sieht daran die Fissura prima und das Trapezfeld, die mittlere und die hintere Bogenfurche, die Fissura chorioidea und darunter den schmalen Streifen der Lamina infrachorioidea. Die accessorische Bogenfurche schneidet vorn ins Stirnhirn ein, nach rückwärts verliert sie sich über der mittleren Bogenfurche. Sehr scharf tritt an dem Präparate die Fissura calcarina hervor. (Zu Seite 85.)

zwischen den Thalamus und den mit diesem verbundenen Streifenhügel eingeklemmt (Figg. 41—43 u. 49). Mag das eine oder das andere zutreffen, so zeigt der Limbus dieselben Eigentümlichkeiten (Fig. 52, S. 81). Am tiefsten liegt die ependymale Lamina infrachorioidea, von deren oberem Rand die Adergeflechtfalte mit sehr schmaler Basis abgeht. Dann folgt die zugeschärfte Taenia und über ihr ein Streifen, der von der übrigen medialen Wand durch etwas größere Dicke sich unterscheidet. Dieser Streifen ist stets ventrikelwärts eingebogen. Seine freie Fläche zeigt daher von früh ab eine Furche, oder genauer gesprochen, eine Doppelfurche. Der verdickte Limbusstreifen ist nämlich leicht wellenförmig gekrümmt und ein mittlerer Faltenzug scheidet an ihm eine obere und eine untere seichte Rinne. Letztere ist die B o g e n f u r c h e.

Die Rindenschicht tritt in den obern Teil der Furchenwand ein, verliert sich aber vor Erreichung des unteren Randes. Die Grenze zwischen dem Limbus corticalis und medullaris obiger Aufzählung fällt somit in den



Fig. 55. Schnitt durch das Vorderhirn am Foetus Ma (SSl. 5.6 cm). Der Schnitt fällt etwas vor den Thalamus und zeigt noch die an den Hemisphärensaum anstoßende Ependymdecke des dritten Ventrikels. Die Hemisphärendecke ist etwas eingedrückt. Der Hemispärensaum zeigt die im Text beschriebenen, ventrikelwärts konvexe Ausbiegung, zwischen ihn und die Ventrikeldecke schiebt sich als dünne Gefäßplatte die Tela chorioidea. Die dicke den Ventrikel basalwärts abschließende, durch eine mediane Furche halbierte Platte gehört dem oberen Ende der Trapezplatte an. Seitlich davon sind die Streifenhügel, die innere Kapsel und der Linsenkern vom Schnitt getroffen. (Zu Seite 87.)

Bereich der Bogenfurche, und sie liegt deren unterem Rande näher als dem oberen. Die Gesamtbiegung der Wand ist, wie man sieht, eine S-förmige und sie bedingt das Hervortreten von zwei medialwärts gerichteten Lippen,

deren obere anfangs nur schwach angedeutet ist, während die untere, die Randlippe, im Übergangsteil von der Taenia zur Lamina chorioidea liegend, sehr scharf sich ausprägt.



Fig. 56. Schnitt durch dasselbe Gehirn etwas weiter vorn. Der Schnitt streift noch das vorderste Ende des dritten Ventrikels und zeigt nunmehr die Deckschicht in sich zurücklaufend und außen Verbindung mit der Hemisphärenwand. Die an der medialen Wand befindliche flache Furche ist die Fissura arcuata accessoria. Der Schnitt streift weiterhin die dicken Trapezplatten, die Fissura prima und das Riechhirn. Die innere Kapsel ist schon erheblich dünner als beim vorigen Schnittbild und ebenso der Linsenkern. (Zu Seite 88.)

Die accessorische Bogenfurche.

Meine besten eigenen Zeichnungen von Foetus des dritten und vierten Monats (Fig. 53 u. 54, S. 82 u. 83), die Zeichnungen von MARCHAND und

von RETZIUS, ja sogar die Figur Taf. II, 8 von HOCHSTETTER und seine Photographie Taf. IV, Fig. 14 zeigen eine über dem Trapezfeld vorbeiziehende, leicht gebogene Sagittalfurche, die am vorderen Rande des Stirn-



Fig. 57. Schnitt durch dasselbe Gehirn jenseits vom dritten Ventrikel. Die accessorische Bogenfurche ist abgeflacht, aber durch die spindelförmige Verdickung der Hirnsichel immer noch klar legitimiert. Vor derselben sieht man noch die oberen Ausläufer der Trapezplatten. Auch erkennt man den in ihnen frei auslaufenden Rindenbelag. Der Schädelbasis aufliegend sind die noch hohlen Bulbi olfactorii quer getroffen. Streifenhügel, innere Kapsel und Linsenkern sind nunmehr sehr schmale Bildungen. (Zu Seite 88.)

hirns, mehr oder minder weit vom Riechlappen entfernt, ausläuft. Die Furche findet sich auch an meinem publizierten Modell eines dreimonatlichen Foetus wiedergegeben. Sie ist nach rückwärts in das Gebiet über der

mittleren Bogenfurche verfolgbar, und ich bezeichne sie daher als **Fissura arcuata accessoria**.

Spricht schon die konstante Wiederkehr dieser Furche dafür, daß es sich um eine natürliche Bildung handelt, so sind die Schnittbilder gut erhaltener Präparate entscheidend, denn sie gewähren jenes Merkmal, dessen bei früherem Anlaß gedacht worden ist, eine der Furche entsprechende Verdickung der ihr anliegenden Hirnsichel. Ich teile zur Erläuterung einige Schnittbilder des Foetus Ma (SSl. 5.6 mm) mit, sowie dessen aus

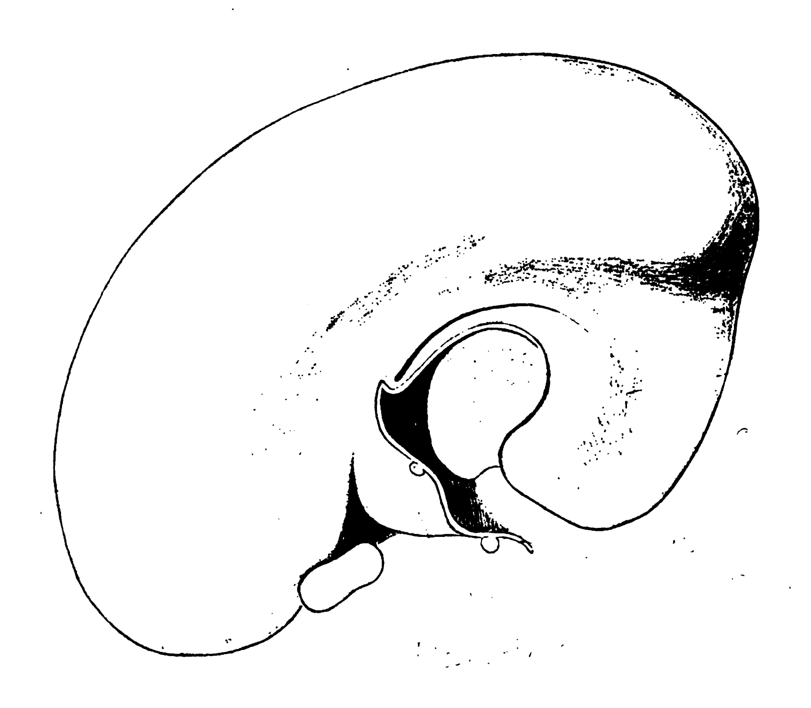


Fig. 58. Konstruktionsfigur der medialen Gehirnoberfläche vom Foetus Ma (SSl. 5.6 cm). Die Zeichnung zeigt über dem Riechhirn emporsteigend die Fissura prima bez. die Trapezplatte und an den Grenzen des Ventrikels die zuvor durchschnittene dünne Verschlußplatte. Chiasma opticum und Commissura anterior liegen außerhalb der letzteren. Die Verschlußplatte endigt am Angulus praethalamicus. Hier schließt sich der Thalamusrand an, über dem die Fissura chorioidea als dunkler Streifen eingezeichnet ist. Unter der Fissura chorioidea liegt, hell ausgespart, die Lamina infrachorioidea, darüber die mittlere Bogenfurche, die sich nach abwärts in die noch seichte Fissura hippocampi, occipitalwärts in die Fissura calcarina fortsetzt. Über dem vorderen Abschnitt der mittleren Bogenfurche verläuft die accessorische Bogenfurche, die im Stirnhirn breit ausläuft. Die Schnittfläche des Hemisphärenstieles ist schräg schraffiert, darunter folgt scharf abgeschnitten der Hypothalamusrand der Hemisphäre. (Zu Seite 88.)

den Schnitten konstruierte mediale Hemisphärenwand. Die Hemisphärendecke ist von außen her etwas eingedrückt, im übrigen ist das Präparat gerade in den uns interessierenden Teilen tadellos.

Der Schnitt Fig. 55, S. 84, trifft den Hemisphärenlimbus eine kurze Strecke weit vor dem Thalamus. Die beiden medialen Hemisphären-

wandungen umfassen mit ihrem Limbus zangenartig einen klaffenden, in der Verlängerung des Thalamus gelegenen Raum, in den noch die ependymale Decke des dritten Ventrikels hineinreicht. Beim Schnitt Fig. 56, S. 85, ist dieser Raum verschmälert, noch zeigt er sich aber innen von

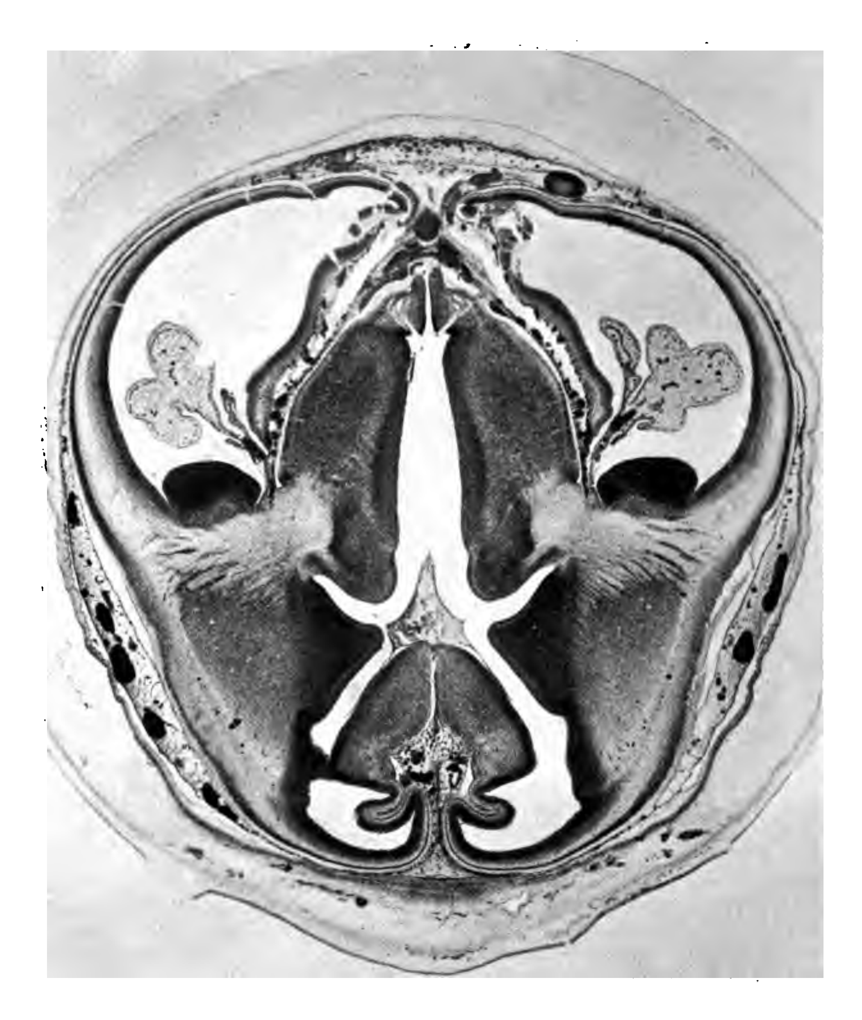


Fig. 59. Durchschnitt durch das Vorderhirn des Embryos Oe. Der Schnitt zeigt die wellenförmige Biegung des verdickten Limbus der Hemisphäre. (Zu Seite 91.)

der fraglichen Deckplatte ausgekleidet. Bei dem noch weiter nach vorn liegenden Schnitt Fig. 57, S. 86, sind die beiderseitigen Wandfurchen erheblich abgeflacht, aber der von ihnen umschlossene Raum wird von einer spindelförmigen Auftreibung der Hirnsichel ausgefüllt, die sich durch die nachfolgenden Schnitte bis in die Nähe des Hemisphärenrandes verfolgen läßt. Im Konstruktionsbild Fig. 58, S. 87, sind die accessorische Bogen-

furche und ihre Beziehungen zur mittleren Bogenfurche nach den Schnitten eingetragen.

Eine oberflächliche Betrachtung der Schnittfolge von Ma gewährt den Eindruck, als ob die accessorische Bogenfurche in die mittlere Bogenfurche



Fig. 60. Querschnitt durch das Vorderhirn von Foetus Ma (S Sl. 56 mm). Die Hemisphärendecke ist leicht eingedrückt, im übrigen zeigt das Gehirn keine Anzeichen postmortaler Quellung. Der Limbus biegt sich beiderseits in beinahe rechtem Winkel von der übrigen medialen Wandfläche ab und zeigt die im Texte besprochene wellenförmige Biegung. Der Schnitt streift das Chiasma opticum und rechts den Recessus opticus. (Zu Seite 91.)

unmittelbar auslaufe. Dies würde in Widerspruch sein mit der direkten Wahrnehmung. An den in Fig. 53 u. 54 wiedergegebenen Präparaten läuft die accessorische Bogenfurche über der eigentlichen Bogenfurche aus und

bleibt von dieser durch einen schmalen Faltenzug getrennt. Nun stellt sich aber bei genauerer Betrachtung, wie dies soeben hervorgehoben wurde, heraus, daß der verdickte, ventrikelwärts eingebogene Limbusstreifen schon im Beginn des dritten Monats an seiner medialen Oberfläche eine obere und eine untere Rinne zeigt, die allerdings anfangs beide nur seicht sind (Fig. 52).[1])



Fig. 61. Querschnitt durch das Vorderhirn von Foetus Cr (SSl. 60 mm). Die wellenförmige Biegung des Hemisphärenlimbus ist stärker ausgebildet, als bei den jüngeren Stufen von Figg. 59 u. 60, und die die Bogenfurche von oben her einfassenden Falten treten nach der Mittelebene zu winklig hervor.
(Zu Seite 90.)

Die obere dieser Rinnen gehört der accessorischen Bogenfurche an, die untere ist die eigentliche Bogenfurche. Man vergleiche die obenstehenden Schnitt-

[1]) Die Biegungen des Hemisphärenlimbus finden sich sogar in verschiedenen Schnittbildern von HOCHSTETTER unverkennbar dargestellt, so Taf. II, Fig. 2, 3 u. 4. Fig. 1

bilder Figg. 59 u. 60, S. 88 u. 89, von denen das erstere, gleich der früher mitgeteilten Figg. 42 u. 49, dem sehr wohl erhaltenen Foetus Oe entstammt. Bei dem etwas älteren Foetus Cr (Fig. 61, S. 91) ist die wellenförmige Biegung des Limbus bereits stärker ausgebildet und die über der Bogenfurche liegenden Falten wölben sich beiderseits medialwärts stark hervor.

Fissura calcarina.

Von der Thalamusmulde ab nach rückwärts schneidet eine in der Verlängerung der mittleren Bogenfurche gelegene Einsenkung tief in die mediale Wand des Occipitalhirnes ein. Es ist dies die Fissura calcarina. Sie zeichnet sich bei der Ansicht der Hemisphären von hinten her als eine ziemlich scharfe Einknickung (Fig. 62, S. 92) und ihr entspricht naturgemäß eine breite innere Vorwölbung der medialen Hemisphärenwand, der Calcar avis (Fig. 63, S. 93). Unter den Photogrammen von HOCHSTETTER zeigen die Figg. 3, 14 u. 16 der Tafel IV die besprochene Furche. Die Bedingungen der Einknickung des Occipitalhirns sind leicht zu verstehen. Die unteren Abschnitte der Hemisphären sind durch das Mittelhirn voneinander geschieden, die oberen dagegen treten sich über dem Mittelhirn bis beinahe zur Berührung in der Mittelebene entgegen.

Die Schichten der Hemisphärenwand und deren histologisches Verhalten.

Die Großhirnhemisphären entwickeln sich erheblich später als die tiefer gelegenen Abschnitte des Gehirns. Bis gegen Ende des zweiten Monats bleibt die Wand des Hemisphärenmantels dünn. Der Hauptsache nach besteht sie aus der kernreichen Innenplatte oder Matrix, an die sich die Mantel- oder Zwischenschicht[1]) mit locker verteilten Zellkörpern anschließt. Eine kernfreie Randschicht (Randschleier) überragt letztere

der Tafel zeigt auch ähnlich meiner obigen Fig. 57 die querdurchschnittene accessorische Bogenfurche mit der spindelförmigen Verdickung der Hirnsichel. Eine gute, mit meiner eigenen Darstellung übereinstimmende Zeichnung der accessorischen Bogenfurche gibt RETZIUS in seinen Biologischen Untersuchungen Bd. X, Taf. XIX, Fig. 3. Das Gehirn stammte von einem Foetus von 52 mm.

[1]) Ich habe die Bezeichnungen „Innenplatte“ und „Mantelschicht“ in meinen älteren Abhandlungen (zuerst 1886 im Aufsatz zur Geschichte des Rückenmarks S. 482) gebraucht, und ich sehe keinen Grund, im allgemeinen davon abzugehen. Mit Rücksicht auf die Hemisphärenwand besteht indessen die Unbequemlichkeit, daß die Bezeichnung „Mantel“ oder Pallium schon als anatomischer Ausdruck in festem Gebrauch ist. Hier kann bis auf weiteres der Ausdruck „Zwischenplatte“ als Synonym von „Mantelschicht“ eingeführt werden. Das Wort Matrix als Synonym für Innenplatte empfiehlt sich durch seine kurze und bequeme Handhabung.

nach außen hin. Am frühesten erfolgt das Dickenwachstum der Hemisphärenwand in den basalen, an den Streifenhügel anstoßenden Strecken, am langsamsten in der medialen Hemisphärenwand. Daher erscheint schon frühzeitig die Hemisphärenwand von der Basis zur Decke und von da nach dem Grund der Medianfurche zu stetig verjüngt. Im gleichen Sinn erfolgt die Bildung der Rindenschicht, sie beginnt über dem Gebiet der Fossa Sylvii und schreitet von hier scheitelwärts vor.



Fig. 62. Ansicht des Gehirns von Bi von der Rückseite her gesehen. Die beiden Hemisphären zeigen die Thalamusmulde und die tief einschneidende Fissura calcarina. Auf die Verhältnisse von Mittelhirn und Rautenhirn dieses Präparates soll bei späterer Gelegenheit eingegangen werden.
(Zu Seite 91.)

Ich wähle als Ausgangspunkt der Beschreibung einige Embryonen aus dem Ende des zweiten Monats Se, My, Zw und Dd. Der jüngste derselben Se hat eine Nl. von 16 mm, Zw eine solche von $18^1/_2$ mm (SSl 22 mm) und das Alter des letztern habe ich seinerzeit auf $7^1/_2$ Wochen veranschlagt,[1]) ungefähr gleich alt war My. Der Embryo Dd war etwas älter als die beiden. Seine Nl. mag um 20 mm betragen haben.

[1]) Anat. menschl. Embryonen III S. 327 und Taf. X Fig. 24.

In der Nähe der Basis beträgt	bei Se	bei Zw	bei Dd
die Gesamtdicke	145 μ	150 μ	210 μ
„ Dicke der Matrix	85 „	100 „	120 „
„ „ „ Zwischenschicht .	35 „	50 „	60 „
„ „ „ Randschicht . . .	25 „		



Fig. 63. Dasselbe Gehirn, es zeigt die mediale Wand der rechten Hemisphäre mit den einspringenden Falten der accessorischen Bogenfurche des Hippocampus, des Calcar avis in der Eminentia collateralis. (Zu Seite 91.)

Die Matrix charakterisiert sich durch die dicht gedrängte Lagerung und die radiäre Anordnung ihrer Kerne; in der Zwischenschicht erscheinen auch tangential gelagerte Kerne. Ihr Kernreichtum ist in der an die Matrix stoßenden Innenzone sehr viel größer als in der Außenzone. Von den oben angeführten Embryonen zeichnet sich Se durch seine gute Konservierung aus[1])

[1]) Der Embryo Se stammt von einer Selbstmörderin, deren Körper noch warm, also wenig Stunden nach dem Tode der Anstalt eingeliefert wurde. Ich legte das

und er eignet sich daher am besten zur Feststellung der feineren Verhältnisse. Unter der scharf gezeichneten inneren Grenzhaut findet sich eine 3—4 μ breit durchscheinende Zone und in dieser zahlreiche in Mitose begriffene Keimzellen. Das übrige Matrixgebiet ist von gedrängt liegenden ovalen Kernen (von 7—8 μ Länge, 4,5—5 μ Breite) erfüllt. Diese sind zu radiär gestellten Zeilen aufgereiht, deren im basalen Gebiet eine jede 12 bis 15 Kerne enthält. Kapillare Blutgefäße dringen dazwischen bis nahe zur inneren Grenzhaut hindurch. Bei der dichten Lagerung der Kerne sind deren Beziehungen zu Zellenleibern nur stellenweise zu entwirren. Ein größerer Teil derselben gehört den Spongioblasten an, die auf jüngeren Stufen als getrennte Säulen in die innere Grenzhaut auslaufen. Diese Säulenzellen schließen sich nunmehr dichter aneinander an und ihre kernfreien Enden bilden die oben erwähnte durchscheinende und streifige, vielfach von Keimzellen durchsetzte Schicht; die Säulenzellen sind der Wandbestandteil, der in der Folge als Epithel bezeichnet wird. Außer ihnen muß die Matrix alle jene Zellen enthalten, die bestimmt sind, in die äußeren Wandschichten vorzudringen. In erster Linie kommen dabei die Gerüst- oder Gliazellen in Betracht, in zweiter Linie erst die Neuroblasten. Die Zwischenschicht ist sowohl in ihrer kernreicheren Innenzone, als in der durchsichtigeren Außenzone von einem Gerüst durchsetzt, das naturgemäß in der letzteren besonders deutlich hervortritt (Fig. 64, S. 95). Seine Maschen sind auf der Stufe von Se von Nervenfasern und von Nervenzellen frei, was man von Zellen sieht, gehört daher zu den Gerüstzellen. Deren Kerne liegen größtenteils flach, sie sind im allgemeinen von feinen Chromatinnetzen umsponnen, und die Schnitte zeigen sie teils längs teils quer getroffen.

Im Außenteile der Hemisphärenwand ordnet sich eine einfache Lage von Gliazellen parallel zur Oberfläche und bildet eine scharf sich abhebende Schicht, die ich als Siebschicht (Stratum cribrosum) bezeichnen werde. Diese Schicht beginnt neben dem Streifenhügel, greift von da auf den basalen Abschnitt der Hemisphärenwand über, und sie dehnt sich in späteren Stufen mehr und mehr auf die übrige Hemisphärenwand aus. An weniger gut erhaltenen Präparaten schließt das Markgerüst anscheinend mit dieser Schicht ab, und man ist versucht, sie als die von der Limitans meningea abgehobene Limitans externa zu deuten. Dies trifft indessen nicht zu: die Siebschicht findet sich an gut erhaltenen Schnitten von einem nahezu kernfreien Gerüst überragt, das den Raum bis zur Limitans meningea er-

Chorion durch schichtenweises Abtragen der Uteruswand frei, brachte das Präparat auf einige Stunden in Formalinlösung, und nahm dann den wundervoll injizierten Embryo heraus. Dieser wurde in 10% Salpetersäure nachfixiert und dann in Alkohol verbracht. Die Schnittdicke der Reihe betrug 10 μ. Ein Teil der Schnitte wurde mit Eisenhämatoxylin gefärbt, andere mit Hämatoxylin und Erythrosin.

füllt. Seine inneren Fäden gehen aus den Zellen der Siebschicht hervor, die äußern verbinden sich zu einer feinen, die Oberfläche umsäumenden Grenzschicht.

Bei dem nachfolgenden, mit Kernvermehrung verknüpften Wachstum des Gliagerüstes sind die neu hinzutretenden Zellen der Zwischenschicht aus der Matrix abzuleiten, und es fragt sich, ob sie aus dieser frei hervorwandern und sich weiterhin dem bereits vorhandenen Gerüst einfügen, oder ob die äußeren Lagen der Matrix sich ausweiten und durch schichtenweisen Anschluß an die Zwischenschicht deren Ausdehnung herbeiführen. Für letztere Annahme ließe sich anführen, daß die äußere, ältere Zone der Intermediärschicht weit kernärmer ist, als die innere, und daß auch in der Folge die gegenseitigen Abstände der Gliakerne sich vergrößern. Vom übrigen Gerüst gilt aber das Umgekehrte; es ist in späteren Entwicklungsstufen engmaschiger als anfangs, was zum mindesten eine einfache mechanische Ausweitung der Maschen ausschließt. Für die Annahme frei wandernder Gliazellen läßt sich geltend machen, daß die ursprünglich beinahe kernfreie, außerhalb der Siebplatte liegende Randschicht später mehr Gliazellen enthält. Jedenfalls ist bei Beurteilung dieser Verhältnisse festzuhalten, daß die Gerüstbalken, falls nicht zeitlebens, so doch jedenfalls während der Zeit der Entwicklung lebende Substanz, bez. lebendes Protoplasma und somit mannigfachen Umlagerungen fähig sind.



Fig. 64. Durchschnitt durch die Hemisphärenwand von Embryo Se. Die Mantelschicht beginnt, sich von der Innenplatte zu lösen. Noch ist aber keine Rindenschicht angelegt. Dagegen tritt sehr auffällig die im Text als Siebschicht bezeichnete Bildung hervor. Eine der Oberfläche parallel laufende Lage unter sich verbundener kernhaltiger Zellen schiebt sich zwischen einen äußeren und einen inneren Bezirk des engmaschigen Markgerüstes. Der äußere Bezirk wird zur Schleierschicht, der innere nimmt später die Pyramidenzellen auf. Die Schleierschicht ist von sehr sparsamen Gliazellen durchsetzt. Nach außen von der Limitans externa folgt die Limitans meningea mit ihrem reichen Kapillarbelag. (Zu Seite 94.)

Es ist bei Embryo Se nicht leicht, widerspruchslos zu entscheiden, ob die basalen Abschnitte des Hemisphärenmantels von Neuroblasten völlig frei sind. Es zeigen sich in der Matrix vereinzelte dunkle Körper von Spindelgestalt, die als Neuroblasten gedeutet werden könnten; entscheidend sind die Bilder keineswegs, und jedenfalls spielen diese Elemente noch eine untergeordnete Rolle. Wenn auf nachfolgenden Stufen die Neuroblasten- und die Faserbildung im Basalgebiete der Hemisphären in vollem Gange ist, so befinden sich die mehr scheitel- und medialwärts liegenden Zonen der Wand noch auf den früheren Stufen leeren Markgerüstes. Das eine ist sicher, daß die Neuroblasten durchweg eine spätere Bildung sind. *Wie im Rückenmark, so wird auch in der mehr denn einen Monat später sich ausbildenden Hemisphärenwand das Markgerüst angelegt, bevor Nervenzellen und Nervenfasern auftreten. Und zwar wird das Gerüst sofort mit Einzelneinrichtungen ausgestattet, die für das Zustandekommen der nachfolgenden Organisation von durchgreifender Bedeutung sind.*

Die Anfänge einer mit Pyramidenzellen ausgestatteten Rindenschicht finde ich bei dem acht Wochen alten Embryo Mr (Nl. 22 mm, SSl. 29 mm). Die Schicht beginnt als ein schmaler Streifen an der Außenseite des Streifenhügels, den sie eine Strecke weit umfaßt. Sie reicht hier so weit, als bei Se die Siebschicht und erreicht weiterhin den basalen Abschnitt des Hemisphärenmantels. Scheitelwärts fließt sie mit der Zwischenschicht zusammen und verliert sich als selbständige Bildung. Nach außen von ihr erhält sich eine schmale durchsichtige Randschicht, in der nur vereinzelte Kerne liegen.

Zur Beurteilung der nunmehrigen Wanddicke teile ich einige Messungen mit. Unter I, II, III finden sich Werte, die nahe über dem Orte des Freiwerdens des Hemisphärenmantels, aber ungleich weit vom Stirnpol genommen sind, die Zahlen von I fallen in die Mitte der späteren Stammstrahlung, die unter IV mitgeteilten Werte sind einer mehr scheitelwärts gelegenen Strecke entnommen. Zur Vergleichung füge ich noch in Kolonne Lo die Zahlen mit, die ich von Schnitten eines ungefähr gleichalten Embryos bekommen habe (Lo SSl. 29 mm). —

	Embryo Mr				Embryo Lo
	Nahe an der Basis			mehr scheitelwärts	Basis
	I	II	III		
Gesamtdicke des Hemisphärenmantels . .	500 μ	440 μ	400 μ	220 μ	460 μ
Dicke „ Matrix.	160 „	130 „	140 „	90 „	150 „
„ „ Zwischenschicht	250 „	230 „	180 „	90 „	210 „
„ „ Rindenschicht	60 „	50 „	50 „	25 „	70 „
„ „ Randschicht	30 „	30 „	30 „	15 „	30 „

Die Vergleichung dieser Zahlen mit den früher für Zw und Dd mitgeteilten ergibt, daß das Dickenwachstum vorzugsweise in der nach außen von der Matrix liegenden Schicht, im Bereich der primären Zwischenschicht erfolgt ist, von der sich nun die Rindenschicht abgegliedert hat.

Die Rindenschicht hebt sich von der angrenzenden Zwischenschicht durch die dichter gedrängte Lagerung und die durchgreifend radiäre Anordnung ihrer Elemente ab. In ihr sammeln sich die aus der Matrix stammenden Neuroblasten, die in Umbildung zu Pyramidenzellen begriffen sind. Sie liegen im Mittel zu 4—5, an den dicksten Stellen zu 6—8 hintereinander. Da wo sie der Länge nach getroffen sind, zeigen sie die Form dicker Spindeln (Fig. 65). Außer dem nach einwärts gerichteten Nervenfortsatz besitzen sie einen nach auswärts abgehenden Spitzenfortsatz. Nach der Seite des Nervenfortsatzes hin sind die Zellen dunkel gefärbt (Fig. 66, S. 98), es ist dies ein durchaus bezeichnendes Verhalten, das, wie ich bei früheren Arbeiten gefunden habe, bei jugendlichen Neuroblasten der verschiedenen Wirbeltierklassen wiederkehrt (s. o. S. 23). Der Übergang in den Nervenfortsatz erfolgt mit ziemlich rascher Zuspitzung, der Fortsatz selbst erscheint noch kurz, aber fadenförmig und scharf umgrenzt. Die Kerne der Neuroblasten sind noch rundlich oval, häufig auch nach einer Seite hin eiförmig verjüngt (7—8 μ auf 5—$5^1/_2$ μ).

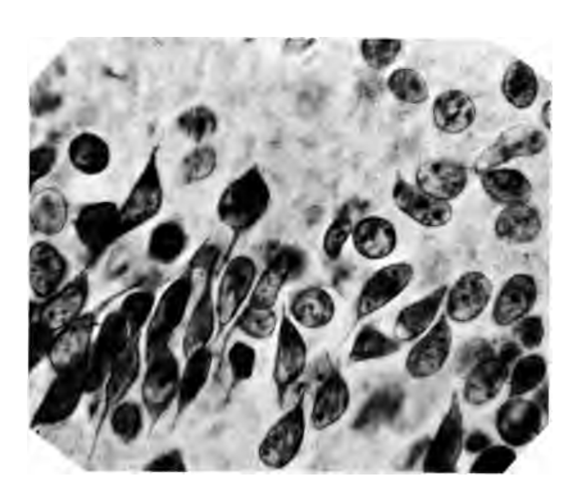


Fig. 65. Pyramidenzellen aus der Hemisphärenrinde von Foetus Mr. Einige zeigen beide, andere nur den inneren, oder nur den äußeren Fortsatz (Photogr. mit Immersion Zeiß 2 mm).

Mehr Wechsel bieten die Spitzenfortsätze der beschriebenen Zellen. Neben solchen, die, ähnlich den Nervenfortsätzen, als schmale Fäden aus dem Zellkörper hervortreten, finden sich breitere und diffus auslaufende Formen. Zahlreiche Zellen zeigen nur den einen oder den andern der beiden Fortsätze, zuweilen von zwei nebeneinander liegenden die eine den innern, die andere den äußern. Großenteils mögen es vom Schnitt verstümmelte Formen sein. Jedenfalls gilt dies von den anscheinend nackten Kernen. Auch bei fehlendem Nervenfortsatz pflegt sich das ihm entsprechende Ende des Zellenleibes durch seine dunkle Färbung auszuzeichnen. Alle Neuroblastenkerne dieser Stufe zeigen an Eisenhämatoxylinpräparaten einen oder meistens zwei dunkle punktförmige Flecken. Ihrer Lage und ihrem sonstigen Verhalten nach können es ebensowohl

Kernkörper als Zentralkörperchen sein, jedenfalls liegen sie der Kernwand dicht an.

Radiär oder stellenweise auch etwas schräg gerichtete Zellen von den oben beschriebenen Eigenschaften finden sich in der äußern sowohl, als in der innern Zone der Zwischenschicht. Es sind Neuroblasten, die aus der Matrix stammen und auf dem Weg zur Rindenschicht begriffen sind (Fig. 66). Sie zeigen, wie die Pyramidenzellen, teils ein-, teils auswärts gerichtete Fortsätze, erstere mit den Charakteren von Nervenfortsätzen. Außerdem enthält die Schicht flach angeordnete Kerne und Zellenleiber; diese, sowie zahlreiche quergeschnittene (runde) Kerne gehören dem Gliagerüst an, das mit rundlichen Maschen die Innen- und Außenzone der Schicht durchsetzt. Zweifellose Neuroblasten vermag ich unter den flach verlaufenden Zellen nicht zu erkennen.



Fig. 66. Aus der Hemisphärenwand von Embryo Mr, an der Grenze der äußeren Zwischenschicht und der Rindenschicht. Die erstere zeigt das engmaschige Markgerüst mit vorwiegend tangential gerichteten Maschen, in der Rindenschicht tritt das Markgerüst zurück. Die in der Zwischenschicht zerstreut liegenden radiärgerichteten Neuroblasten zeigen den nach einwärts in den Nervenfortsatz übergehenden Cornus dunkel gefärbt. (Zu Seite 97.)

Die laterale Hemisphärenwand enthält in ihrer Zwischenschicht bogenförmig angeordnete Bündel von Nervenfasern. Sie kommen aus einem unter dem Streifenhügel liegenden Faserkomplex, der Anlage der innern Kapsel. Ihre Menge nimmt scheitelwärts rasch ab und sie verlieren sich etwa in halber Höhe.

Die Matrix zeigt in ihrem innersten Abschnitt außer zahlreichen in Mitose begriffenen Keimzellen die bekannten, in die Limitans ausstrahlenden Säulenfasern. Die zugehörigen Kerne und Zellenleiber liegen teils nahe unter der Oberfläche, teils auch in größeren Abständen davon. Dementsprechend ist die Matrix in ihrer gesamten Tiefe von radiär laufenden Gerüstbälkchen durchsetzt. Das von ihnen gebildete radiärmaschige Gerüst geht nach auswärts in das

viel engere, vorwiegend rund- oder quermaschige der Zwischenschicht über; diese Schicht zeigt keine Radiärstrahlen. Neuroblasten mit einwärts gerichteter Spitze finden sich zwischen den Kernen und Fasern der Matrix zerstreut. Dabei ist wohl zu beachten, daß die birnförmige Gestalt von Zellen und ihr Übergang in einen nach einwärts gerichteten Faden zu einer sichern Diagnose nicht genügen, denn diese Form findet sich vielfach bei Zellen, deren Fortsatz nachweisbar bis zur Limitans vordringt. Für entscheidend halte ich auf dieser Stufe die dunkle Färbung des neuralen Zellenendes.

Bei der Auswanderung von Zellen aus der Matrix in die Rindenschicht bleibt die Richtung des Wanderns bemerkenswert. Während die Neuroblasten des Rückenmarks und der Medulla oblongata bei ihren Verschiebungen mit dem Nervenende voranzugehen pflegen, rücken die zu Pyramidenzellen werdenden Elemente der Hemisphärenwand mit dem Gegenpol voraus. Bei jugendlichen Neuroblasten anderer Gebiete pflegt dieser Gegenpol stumpf abgerundet und von einer nur dünnen Plasmaschicht umhüllt zu sein. Man wird wohl nicht irre gehen, wenn man bei den Wanderungen der Pyramidenzellen dem Spitzenfortsatz eine wesentliche Rolle als Lokomotions-Apparat zuschreibt.

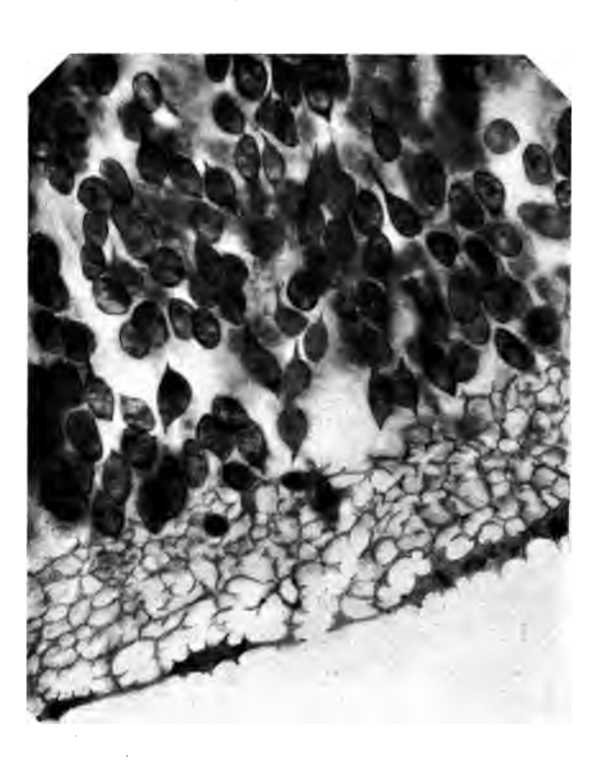


Fig. 67. Rindenschicht und Randschleier aus den Hemisphären von Embryo Mr. (Immersion Zeiß 2 mm.) Das Gerüst des Randschleiers enthält einzelne Gliazellen, seine Maschenräume sind noch frei von Fasern und von Nervenzellen. Innerhalb der Rindenschicht ist das Markgerüst nur wenig entwickelt. (Photogramm überzeichnet.)

Nach auswärts von der Rindenschicht folgt ein engmaschiger Randschleier, der zwar einzelne Gliakerne, aber noch keinerlei Nervenfasern oder Nervenzellen enthält (Fig. 67).

Mitte des dritten Monats.

Ich unterlasse es, die Hemisphärenentwicklung einiger anderer Embryonen von derselben oder von naheliegenden Stufen wie Mr zu beschreiben

(Lo, Re), da ich nur Wiederholungen bieten könnte, und ich wende mich zur Besprechung eines Foetus von 46 mm SSl. (Stg), der nach den üblichen Altersbestimmungen der Mitte des dritten Monats angehört. Das Präparat stammt aus dem Uterus einer Selbstmörderin. Die Dicke der Hemisphärenwand hat durchweg etwas zugenommen, und die Sonderung einer selbständigen Rindenschicht hat auch auf die mediale Seite übergegriffen, sie läuft in deren Limbus in später zu erörternder Weise frei aus.

Zur Beurteilung der Dickenverhältnisse können folgende Zahlen dienen:

Foetus Stg SSl. 46 mm	Laterale Wand nahe an der Basis	Mediale Wand in halber Höhe
Dicke der Hemisphärenwand . .	600 μ	200 μ
„ „ Matrix	150 „	100 „
„ „ Zwischenschicht . . .	340 „	60 „
„ „ Rindenschicht	85 „	20 „
„ „ Randschicht	25 „	20 „

Die Zahlen ergeben, gegenüber den jüngeren Stufen, geringe Veränderungen in der Dicke von Matrix und Randschicht, dagegen sehr ausgiebige in der von der Zwischen- und der Rindenschicht.

Das Bild, welches die Schnitte nunmehr gewähren, ist viel reicher, allerdings aber auch verwickelter geworden. Zunächst handelt es sich wieder darum, die Bestandteile des Gliagerüstes und die nervösen Elemente voneinander zu sondern. Das auf früheren Stufen bequeme Unterscheidungsmerkmal der dunkeln Spitzen der Neuroblasten läßt nunmehr im Stich. Dafür kann man als feststehend annehmen, daß die Rindenschicht ausschließlich, oder doch nahezu ausschließlich Nervenzellen enthält, und ebenso sind in der Zwischenschicht, besonders in deren durchscheinender Außenzone die radiär gestellten Zellen unschwer als solche zu erkennen. Weniger übersichtlich gestalten sich die Verhältnisse in der kernüberfüllten Matrix und in der daran anstoßenden Innenzone der Zwischenschicht. Die tangential gerichteten Zellenleiber der letzteren sind indessen durchweg als Gliazellen zu deuten.

In der Rindenschicht liegen die Pyramidenzellen in vielfachen Schichten übereinander, im basalen Bezirk bis zu 15—20fach, weiter scheitelwärts stufenweise abnehmend, bis sie in der medialen Wand noch zu 3—5 übereinander liegen. In der Zwischenschicht treten sie vereinzelt oder in kleinen Gruppen auf, indem sie die Schicht in radiärer Richtung durchsetzen. Am klarsten zeichnen sie sich in der relativ durchsichtigen Außenzone der Zwischenschicht. Die typische Form ist hier eine schlanke, bipolare (Fig. 68, S. 101). Auch die Kerne haben gestreckte Formen, ihre Länge maß ich zu $6^1/_2$ — 9, die Breite zu 3 — 4 μ. Manche zeigen birnförmige Gestalt und sind innen breiter als außen. Von den beiden Fortsätzen tritt der Spitzenfortsatz im allgemeinen auffälliger hervor, als der meistens dünne

und oftmals überhaupt nicht nachweisbare Nervenfortsatz, er kann bis zur anderthalbfachen Kernlänge (12—14 μ) erreichen, und er zeigt in seinem Verhalten einen gewissen Wechsel. Bald läuft er in einen schmalen Faden aus, bald in einen mehr bandartigen Streifen von lockerem, nicht streifigem Gefüge.

Die Pyramidenzellen der Rindenschicht unterscheiden sich in mehrfacher Hinsicht von denen der Zwischenschicht. Ihre Kerne sind minder schlank und von mehr gerundeten Formen, dabei auch etwas größer als die der Zwischenschicht (Breite 4—$4^1/_2$ μ). Die Spitzenfortsätze, wenigstens die in der äußeren Rindenschicht, sind unbedeutend; da wo ich sie am deutlichsten ausgeprägt finde, erreichen sie kaum mehr als die halbe Kernlänge ($3^1/_2$—$4^1/_2$ μ). Sie treten noch nicht in die Randschicht über, diese zeigt noch ein von nervösen Bestandteilen freies Gliagerüst. Dagegen treten Nervenfortsätze von Pyramidenzellen als mehr oder minder lange Fäden aus der Rinde in die Zwischenschicht ein. Durch den Schnitt verstümmelte, fortsatzlose Kerne finden sich bei den breiten Formen der Rinde reichlicher als in der Zwischenschicht.

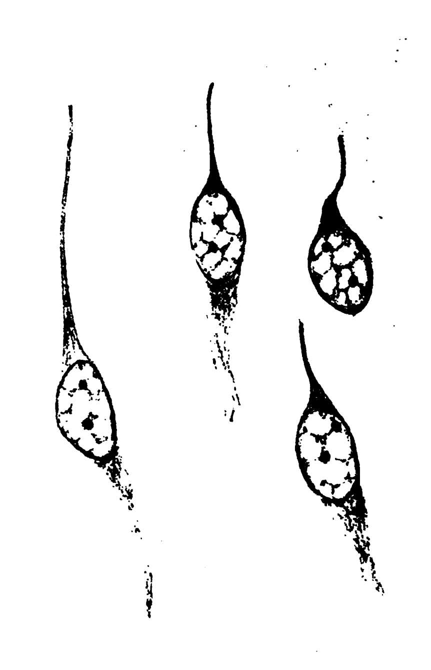


Fig. 68. Prismenzeichnung. Vergr. ca. 2000. In Wanderung begriffene Pyramidenzellen aus der Zwischenschicht (Foetus Stg). Die Nervenfortsätze sind nach oben, die Spitzenfortsätze nach abwärts gerichtet. (Zu Seite 100.)

Der Gegensatz zwischen den schlanken Neuroblasten der Zwischenschicht und den mehr gerundeten und zugleich größern der Rindenschicht, sowie das verschiedene Verhalten der beiderseitigen Fortsätze tritt auf etwas späteren Stufen noch auffallender zutage, und es ist daraus zu erschließen, daß die Pyramidenzellen während ihrer Wanderung aus der Matrix in die Rindenschicht ihre Formen stetig ändern. Ihr zurzeit noch wenig mächtiger Plasmaleib vermag sich bald mehr nach der einen, bald mehr nach der andern Seite auszuziehen. Während der Wanderung tritt der Spitzenfortsatz am meisten hervor, nach erreichter Endstellung wird er zunächst bis auf geringe Reste eingezogen und dafür leitet sich ein ausgiebiges Wachstum des Nervenfortsatzes ein.

Unipolare und bipolare Neuroblasten lassen sich inmitten der dicht gelagerten Kernmassen der Matrix stellenweise wohl erkennen. Sie haben im allgemeinen etwas kleinere Kerne als die Spongioblasten (Fig. 69, S. 102).



Fig. 69. Matrixschicht aus der Hemisphäre von Foetus Stg. (Immersion Zeiß 2 mm.) Die M. limitans interna erscheint etwas zackig abgegrenzt und sie ist von zerstreut liegenden kurzen Plasmafortsätzen überragt. Die Spongioblasten charakterisieren sich durch ihre Verbindung mit der Limitans. Es scheint, daß sie nach auswärts meistenteils stumpf auslaufen, ein Anschluß an das Markgerüst der Intermediärschicht tritt nirgends deutlich hervor. Da sich auf früheren Stufen durchweg ein unmittelbarer Zusammenhang der Spongioblastenleiber mit dem Außengerüst nachweisen läßt, so muß ich das anscheinende Fehlen dieser Verbindung am abgebildeten Präparat für eine Folge von Zerreißungen ansehen. Nach auswärts überwiegen die Neuroblasten, die im allgemeinen etwas kleinere Kerne haben als die Spongioblasten und bipolar sind.

Ein großer Reichtum von kernhaltigen Zellenleibern häuft sich in der an die Matrix stoßenden Innenzone der Zwischenschicht an (Fig. 70, S. 103). Die Kerne kreuzen sich hier in verschiedenen Richtungen, ein Teil derselben gehört den radiär gestellten Neuroblasten an, von denen oben die Rede war. Ein anderer großer Teil ist flach verlaufenden Zellen eingelagert, die auch ihrerseits nach verschiedenen Richtungen sich überkreuzen und an Durchschnitten bald längs, bald quer getroffen werden. Auch von ihnen gilt, was ich schon oben hinsichtlich der Zwischenschichtzellen von Mr bemerkt habe. Ich vermag unter ihnen keine zweifellosen Neuroblasten nachzuweisen und halte sie sämtlich für Gliaelemente.

Die laterale Hemisphärenwand ist in einem Teil ihrer Ausdehnung von Nervenfasern durchzogen (Fig. 71, S. 104). Diese sind relativ dick und bündelweise zusammengeordnet. Die Hauptmasse dieser Fasern tritt als dicke Platte unter dem Streifenhügel hervor in die anstoßende Hemisphärenwand. Die Fasern durchsetzen in schrägen Bogenlinien die innere und die äußere Zone der Zwischenschicht. Ihre Verlaufsrichtung führt sie scheitelwärts, die Faserbündel der inneren Zone treten dabei mehr und mehr in die Außenzone über. Mit Annäherung an die Scheitelhöhe nimmt die Menge der Fasern rasch ab, und sie verlieren sich schließlich ganz und gar.

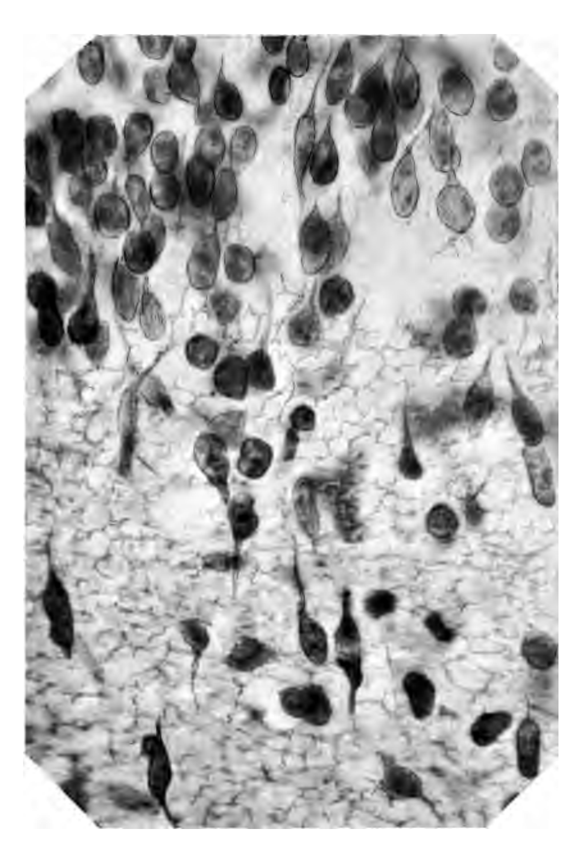


Fig. 70. Aus der Hemisphärenwand desselben Foetus Stg. Übergang von der Matrix in die Zwischenschicht. Das engmaschige Gerüst der letzteren enthält an der photographierten Schnittstelle keine tangential verlaufenden Nervenfasern, dagegen einzelne verzweigte Gliazellen und zahlreiche radiär durchtretende Neuroblasten. An diesen sind entweder beide oder nur einer der Fortsätze erhalten, je nach der Schnittrichtung bald der innere, bald der äußere. In der Matrix ändert das Markgerüst seinen Charakter, es wird weitmaschig und vorwiegend radiär angeordnet. (Zu Seite 102.)

Zu den Pyramidenzellen der Rinde stehen die beschriebenen Bogenfasern, wenigstens in den basalen Wandabschnitten, in keinen Beziehungen, und hier erhält sich zwischen den Faserbündeln und der Rinde ein ziemlich breiter faserfreier Zwischenraum. Scheitelwärts verschmälert sich dieser Raum. Spätere Stufen zeigen einen Übergang von Faserzügen in die mediale Hemisphärenwand, und hier scheint die Möglichkeit ihres Auslaufens zwischen den Pyramidenzellen der Rinde nicht ausgeschlossen. Mit den Flachzellen der Zwischenschicht lassen sich keine Verbindungen nachweisen. Am ehesten wären solche in den kernreichen basalen Abschnitten der innern Zwischenschicht zu erwarten. In gestreckten Scharen erscheinen hier die Kerne zwischen die Faserzüge eingeschoben. Allein, wenn auch, bei sorgfältigem Suchen, hie und da Zellkörper sich finden lassen, die anscheinend in Fäden auslaufen, so entspricht dies Bild nicht entfernt demjenigen von Stellen, in denen Faserzüge aus echten Neuroblasten hervorgehen. Die Fasermassen der Hemisphärenwand entstammen auf der vorliegenden Stufe ausschließlich der bereits ausgiebig entwickelten inneren Kapsel, sie sind also secundär in die Hemisphärenwand hineingewachsen.

Die Herkunft der ersten in die Hemisphärenwand einwachsenden Fasermassen ist auf ein kompaktes Faserbündel zu beziehen, das schon zu Ende des zweiten Monats (My und Mr) an der Außenfläche des Thalamus frei wird. Von hier aus erreicht das Bündel am Margo peduncularis den Streifen-

hügel und tritt, fächerförmig sich ausbreitend, unter ihm hindurch in den basalen Abschnitt des lateralen Hemisphärenmantels. Die zu dem Bündel gehörigen Neuroblasten befinden sich in der Dicke der Thalamuswand, die Endausbreitung ihrer Fasern muß in dem Hemisphärenmantel liegen, und zwar kann es sich nach dem oben geschilderten Verhalten der Faserzüge nur um ein Auslaufen in scheitelwärts und medial gelegenen Rindenbezirken handeln.[1] Diese früh in die Hemisphären einwachsenden Fasermassen bilden den Stabkranz des Thalamus.



Fig. 71. Hemisphärenwand von Foetus Stg in der Nähe des Streifenhügels. Man sieht die verschiedenen Schichten, die Matrix, die innere kernreiche und die äußere kernärmere Zwischenschicht, die Randschicht der Pyramidenzellen und die äußerste Schleierschicht, letztere etwas defekt. Ferner zeigt der Schnitt die Tangentialfasern der Zwischenschicht und, mit diesen in senkrechter Richtung sich kreuzend, die Züge von durchwandernden bipolaren Neuroblasten. (Zu Seite 102.)

Das Gliagerüst der Hemisphärenwand zeigt nach Auftreten von Rindenschicht und Bogenfasern eine ausgeprägte, der Schichtenbildung sich anpassende Gliederung. Mit der Limitans interna sind die Säulenfortsätze der ursprünglichen Spongioblasten in bekannter Weise verbunden. In verschiedene Tiefen herabreichend, lassen sie zwischen sich ein System

---

[1]) Nach persönlichen Mitteilungen von Herrn Kollegen FLECHSIG zeigt der Stabkranz des Thalamus innerhalb der Hemisphärenwand die ersten markhaltigen Fasern, er enthält sensible Bahnen, die aus dem Thalamus zum oberen Teil der Zentralwindung emporsteigen und zum Teil an die mediale Wand übertreten.

radiärer Spalten frei, in dem Neuroblasten liegen können. Beim Übergang zur Zwischenschicht nimmt das Gerüst den Charakter eines körperlichen Netzes an, dessen Maschen, insofern von einer bevorzugten Richtung die Rede sein kann, vorwiegend der Fläche nach gerichtet sind. Die dem Gerüst der Zwischenschicht angehörigen Gliazellen sind flach oder schräg gelagert, von etwas gestreckten Formen und sie durchkreuzen sich nach verschiedenen Richtungen. An senkrechten Schnitten ergibt sich dies schon daraus, daß die Kerne teils längs, teils quer getroffen sind. Noch besser tritt aber das Verhalten der gekreuzt liegenden Zellenleiber an Flachschnitten hervor.

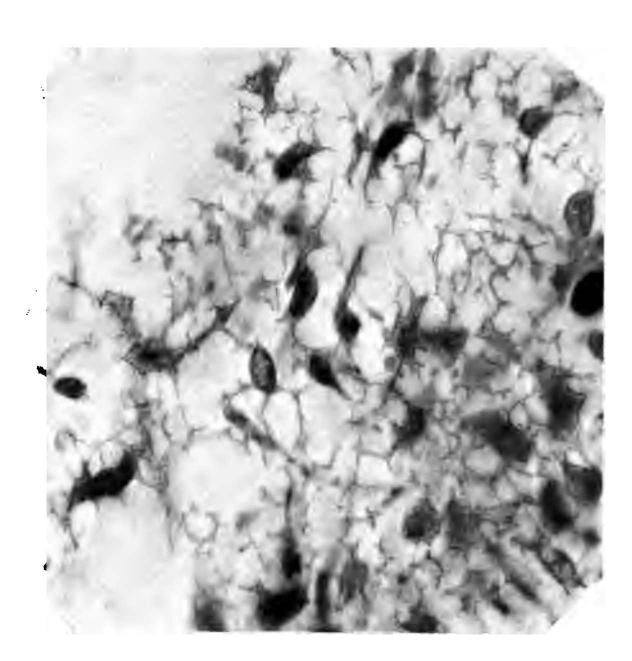


Fig. 72. Oberflächlich geführter Flachschnitt durch die Hemisphärenwand von Foetus Stg. Der Schnitt zeigt Stücke des Markgerüstes mit verzweigten Gliazellen. Die etwas dichter gelagerten, unscharf sich zeichnenden Kerne rechts gehören schon der Pyramidenzellenschicht an.

Da sich in den Schnitten die Bilder verschiedener Gerüstebenen überlagern, so muß man Messungen der Maschenweiten in der Weise vornehmen, daß man mit einem nur auf geringe Tiefen scharf zeichnenden, starken System auf eine bestimmte Ebene einstellt, und diese entweder mit dem Zeichnungsapparat zeichnet, oder bei bekannter Vergrößerung photographiert. Ich finde so die Maschenweite innerhalb der Zwischenschicht zwischen 6—10 μ wechselnd, jedenfalls weit genug, um Neuroblasten den Durchtritt zu gestatten. Innerhalb der Rindenschicht liegen die Pyramidenzellen in gestreckten Gerüstmaschen, und die sie trennenden Radiärbälkchen scheinen nur wenig Querverbindungen zu haben. Nach außen von den Pyramidenzellen folgt das dichte Randgerüst (Fig. 72). Die Weite seiner Maschen bestimme ich nach obiger Methode zu 3—5 μ, und zwar finden sich die engeren Maschen von 3—$3^1/_2$ μ nach einwärts in den an die Pyramiden anstoßenden Strecken, die weiteren, bis zu 5 μ, in den der Limitans externa zugekehrten.

Das enge Maschenwerk der Randschicht bildet die Wand, die die Pyramidenzellen an weiterem Vordringen hindert und ihre Anhäufung in

der Rindenschicht bedingt. Das Hindernis besteht nur für die kernhaltigen Zellenleiber, die Spitzenfortsätze dringen in der Folge reichlich in die Rindenschicht vor. Nur eine kleine Anzahl von Zellen durchbricht die Wand und ordnet sich der Randschicht ein. Es sind dies zurzeit wohl ausschließlich Gliazellen, sie lagern sich der Fläche nach, und die äußersten nehmen an der Bildung der M. limitans externa teil.

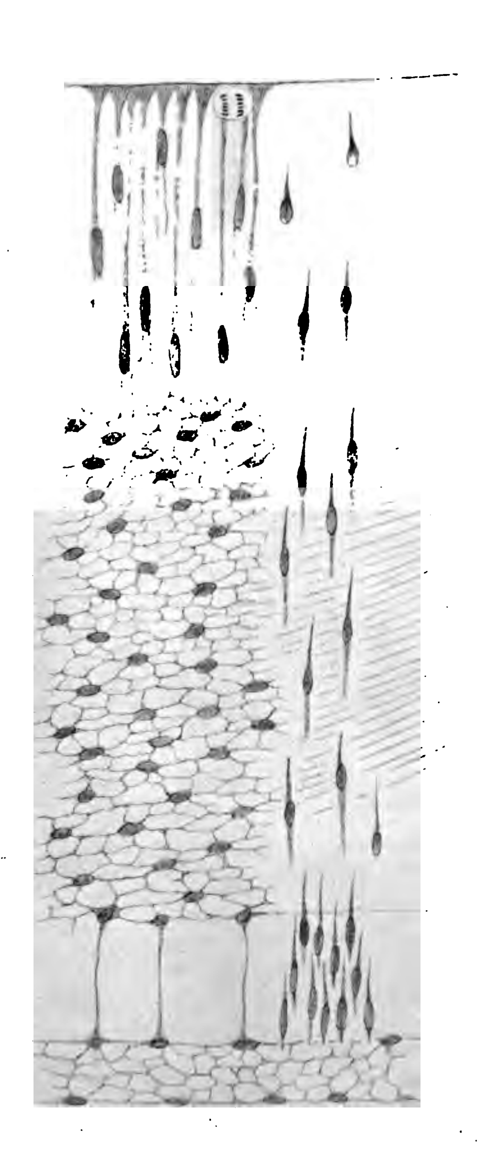


Fig. 73. Schema des Aufbaues der Hemisphärenwand beim Foetus des dritten Monats, links Neurogliagerüst, rechts Neuroblasten und Nervenfasern. (Zu Seite 107.)

Etwas zweifelhaft bin ich über das Schicksal der bei Se so klar beobachteten Siebplatte. Da diese Platte sich an der Seitenfläche des Streifenhügels soweit erstreckt, als späterhin die Pyramidenschicht, und da sie im voraus die Grenze angibt, bis zu der die Pyramidenzellen vordringen, so liegt der Gedanke am nächsten, ihr die Hemmung in der Weiterbewegung dieser Zellen zuzuschreiben. Diese Annahme wäre ohne weiteres bewiesen, wenn die Siebplatte nach erfolgter Anlage der Pyramidenschicht, deren Außenfläche entlang, noch nachweisbar wäre. Ich vermag indessen weder bei Mr, noch bei Stg, noch bei anderen diesen Stufen angehörigen Embryonen eine zusammenhängende Siebplatte aufzufinden. Flach gelagerte und unter sich zusammenhängende Gliazellen, die als Reste der Platte gedeutet werden können, sind nur streckenweise nachweisbar. Die Schicht scheint im Laufe der Entwicklung ihren geschlossenen Zusammenhang eingebüßt zu haben. Vielleicht ist dies dahin zu verstehen, daß das Vorhandensein der geschlossenen Siebschicht nur im Beginn der Rindenbildung erforderlich ist, um das Vordringen der zuerst eintreffenden Pyramiden-

zellen aufzuhalten. Später hemmen diese ersten Ankömmlinge das Vorrücken der nachfolgenden Generationen. Gliazellen finden dagegen kein Hindernis, und es zeigt die M. limitans externa einen immer reichlicher werdenden Besatz kernhaltiger Zellenleiber.

Ich fasse die Ergebnisse der mitgeteilten Untersuchung in einer schematischen Zeichnung (Fig. 73, S. 106) zusammen, in der links das Gliagerüst, rechts die Neuroblasten eingetragen sind. Die Differenzierung der Schichten kommt, wie das Schema ergibt, wesentlich auf Rechnung des Gliagerüstes, das in jeder der vier Hauptzonen einen anderen Charakter annimmt. Der in der Skizze angedeutete schräge Verlauf der Bogenfasern und das Freibleiben der Rindenschicht von letzteren entsprechen der unmittelbaren Beobachtung. Die flachen Kerne im inneren Abschnitte der von Fasern durchzogenen Zwischenschicht halte ich für Gliabestandteile.

Hinsichtlich der Fasern tritt in dieser frühen Periode schärfer als später der Gegensatz zutage zwischen den aus der inneren Kapsel kommenden Fasern der Stammstrahlung und den aus den Pyramidenzellen der Rindenschicht stammenden zurzeit noch kurz angelegten Fasern, d. h. zwischen Fasern, die von außen her in die Hemisphärenwand eingedrungen und solchen, die in ihr entstanden sind (ectogene und autochthone Fasern).

Zweite Hälfte des dritten Monats.

Im weiteren Verlauf des dritten Monats schreitet das Dickenwachstum der Hemisphärenwand langsam aber stetig voran. Am ausgibigsten nimmt die Zwischenschicht zu und nächst ihr die Rindenschicht, während Matrix und Randschicht viel unerheblichere Zunahmen aufweisen. Ich teile als Beispiel die Maße mit, die ich an den Hemisphären des Foetus Doed (SSl. 50 mm und Kt. 20 mm) und an den des Foetus Cr (SSl. 60 mm Kt. 25 mm) bestimmt habe. Das Alter des ersteren ist auf die zweite Hälfte, das von Cr auf den Übergang zum vierten Monat anzusetzen.

	Foetus Doed. Zweite Hälfte des dritten Monats.		Foetus Cr. Übergang zum vierten Monat.	
	Basal. Abschnitt der lat. Wand.	Mediale Wand.	Basal. Abschnitt der lat. Wand.	Mediale Wand.
Gesamtdicke der Hemisphärenwand	800 μ	390 μ	1100 μ	550 μ
„ „ Matrix	150 „	120 „	170 „	140 „
„ „ Zwischenschicht .	410 „	170 „	650 „	250 „
„ „ Rindenschicht . .	200 „	30 „	240 „	120 „
„ „ Randschicht . .	40 „	40 „	40 „	40 „

Sowohl bei Foetus Doed als bei Cr ist die Zwischenschicht von radiär gestellten Spindelzellen, den in Wanderung begriffenen Pyramidenzellen,

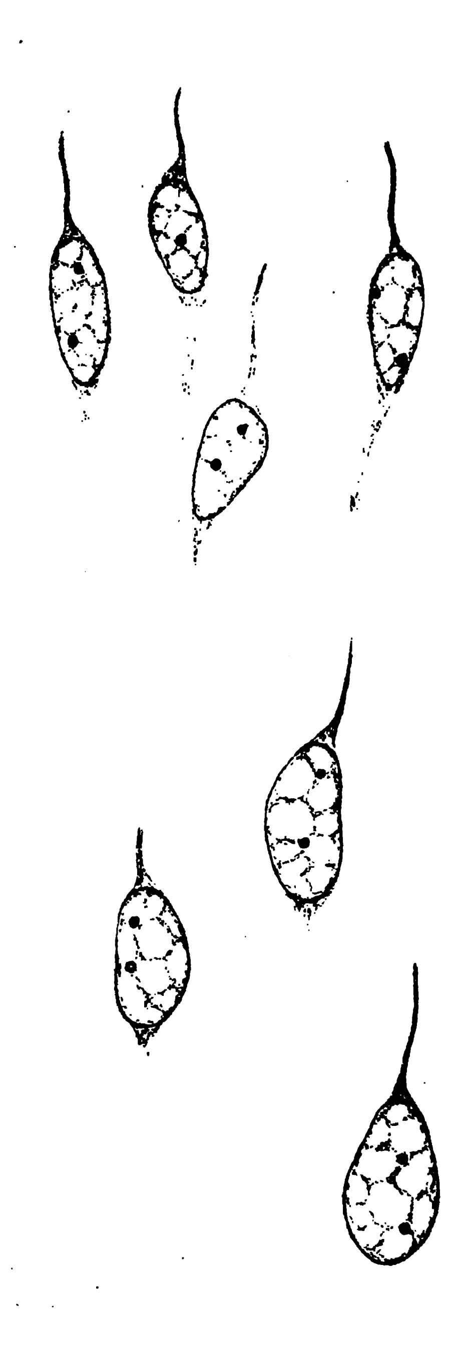


Fig. 74. Prismenzeichnung. Vergr. ca. 2000. Foetus Doed (SSl. 5 cm). Zellen aus der Hemisphärenwand. Die oberen Zellen stammen aus der Zwischenschicht, die unteren aus der Rindenschicht. Erstere zeigen etwas kleinere und schlankere Kerne als die letzteren. Vielfach finden sich in den Zellen der Zwischenschicht birnförmig gestaltete, nach auswärts sich verjüngende Kerne.

noch reichlich durchsetzt. Vielfach zeigen deren Kerne Birnformen, sie sind nach einwärts breiter als nach auswärts (Fig. 74). Die Möglichkeit, diese Formen mit der späten Pyramidenform der Zellen in Beziehung zu setzen, läßt sich nicht festhalten, da beim Eintritt der Kerne in die Rindenschicht deren Birnformen wieder verloren gehen. Ich glaube vielmehr, daß die in der Zwischenschicht so vielfach auftretenden einseitigen Verjüngungen der Kerne mit der Bewegungsrichtung der Zellen in Zusammenhang stehen. Der der Fortschiebungsrichtung zugekehrte Kernpol erscheint dabei als der verjüngte.

In der Rindenschicht sind die Kerne der Pyramidenzellen auffallend gerundet und entschieden größer, als die der Zwischenschicht. So messe ich an Zeichnungen, die bei hoher Vergrößerung aufgenommen worden sind, in der Zwischenschicht Kerne von $3^1/_2$—$4^1/_2$ μ Breite auf 8—9 μ Länge, in der Rindenschicht solche von 5—6 μ Breite auf $8^1/_2$ bis $11^1/_2$ μ Länge, darunter viele kurzovale (von $6^1/_2$ auf $8^1/_2$ μ).

Mit einer gewissen Vorsicht muß ich mich über die Spitzenfortsätze der Rindenzellen aussprechen. Ich finde sie bei Foetus Doed nur in Spuren vor, und es ist möglich, daß sie infolge ungenügender Konservierung zerfallen sind. Eine vorübergehende Verkümmerung dieser Fortsätze beim Eintritt der Pyramidenzellen in die Rindenschicht hat

sich indessen schon bei den Embryonen Stg und Ma nachweisen lassen. Ein massenhaftes Vorrücken von Spitzenfortsätzen in die Randschicht tritt erst in späteren Stufen ein. Im Gegensatz zu den Spitzenfortsätzen sind die Nervenfortsätze bei Doed und Cr schon reich entwickelt. Sie treten als dichter Wald von feinen Fasern in die Zwischenschicht ein und durchsetzen diese bis in ihre innere Zone. Dabei durchkreuzen sie die aus der inneren Kapsel stammenden Bündel von Bogenfasern. Die Menge dieser Bogenfasern hat gegen früher nicht unerheblich zugenommen, ihre Ausläufer umgreifen die Scheitelhöhe der Hemisphären und greifen auf die mediale Wand über.

So ausgiebig nun während des dritten Monats die Auswanderungen von Zellen aus der Matrix nach der Rinde hin vor sich gehen, so können sich die Zellen doch nur mit einer gewissen Langsamkeit vorwärts bewegen. Der Prozeß der Rindenbildung nimmt ja nicht allein den ganzen dritten, sondern noch einen guten Teil der nachfolgenden Monate in Anspruch. Nehmen wir, um zu annähernden Werten zu gelangen, an, daß die an den Streifenhügel stoßende basale Hemisphärenwand zu Ende des zweiten Monats (bei Mr) eine Rindenschicht von 8, in der Mitte des dritten (bei Stg) eine solche von 18 Kernhöhen besessen hat, so ergibt dies für den halben Monat den Zuwachs einer 10fachen Zellenschicht, oder anders ausgedrückt: um die Rinde um eine Zellenschicht zu vermehren, sind rund anderthalb Tage erforderlich. Bei dieser Berechnung ist die Flächenausdehnung der Hemisphärenwand nicht berücksichtigt worden. Letztere muß dadurch zustande kommen, daß zwischen die bereits vorhandenen Zellen neu angekommene sich einschieben. Die wandernden Pyramidenzellen haben auch diesen Bedarf zu decken, eine Berechnung der Geschwindigkeit ihres Fortschreitens nach obigen Daten allein würde somit ein zu langsames Tempo ergeben. Indessen kommt man auch bei Berücksichtigung dieses Umstandes zur Überzeugung, daß die Dauer der Überwanderung eines Elementes aus der Matrix in die Rindenschicht zum mindesten nach halben Tagen zu veranschlagen ist.

Solange die Überwanderung von Neuroblasten andauert, umschließt die Hemisphärenwand noch keine von Nervenzellen freie Markschicht. An das Lager von Höhlengrau[1]) schließt sich die zwar faserreiche, aber

---

[1]) Th. Meynert gebraucht die von ihm geschaffene Bezeichnung „Zentrales Höhlengrau" für die graue Auskleidung der Hirn- und Rückenmarkshöhlen nur vom dritten Ventrikel nach abwärts. Meynerts Definition „Röhrenförmiges Grau, der bleibende Ausdruck der genetischen Grundform des Gehirns" (Strickers Handb. der Lehre von den Geweben S. 697) paßt aber auch sehr wohl auf die vorhandene graue Auskleidung der Seitenventrikel, also zunächst auf den Nucleus caudatus des Streifenhügels. Das ursprünglich ringsherum vorhandene Höhlengrau der Seitenventrikel umfaßt die Matrix und die zellenreiche Innenzone der Zwischenschicht. Zutreffend ist die Bemerkung von Rauber: „Alles Grau ist ursprünglich Höhlengrau." (Lehrbuch der Anat. 6. Aufl. Bd. II S. 481.)

von Neuroblastenketten durchzogene Zwischenschicht an, die bis zur Rindenschicht sich erstreckt. Im Hemisphärenmantel geht die Zellenauswanderung so lange vor sich, bis sich das Höhlengrau durch Abgabe seiner Elemente erschöpft hat. Als Rest bleibt das Ependym mit einem gewissen Anteil von Gliazellen zurück.

Anders gestalten sich die Verhältnisse im Gebiete des Streifenhügels. Als mächtiger Klumpen von Höhlengrau ragt dies Gebilde gegen den Seitenventrikel vor. Auch von ihm aus findet eine reiche Auswanderung von Zellen nach den umgebenden Gewebslagen statt. Eine eigentliche Rindenbildung tritt aber hier erst verzögert ein, dagegen sondert sich mit dem Hindurchbrechen der inneren Kapsel, im Beginn des dritten Monats, ein zellenreicher Distrikt als Linsenkern ab, und dieser scheidet sich dann weiterhin durch ihn umgebende weiße Substanzplatten vom Claustrum und vom angrenzenden Inselgebiet. Der Linsenkern ist also, entwicklungsgeschichtlich betrachtet, ein Stück abortiv gebliebene Rindenanlage. Seine Elemente sind auf dem im Streifenhügelgebiet besonders langen Weg zur Peripherie stehen geblieben und durch weiße Fasermassen umgrenzt worden.

Das Einrücken der Markschicht in das Innengebiet der Hemisphärenwand geht sehr allmählich vor sich. Schon im Verlauf des dritten Monats ragen, wie oben hervorgehoben wurde, Büschel von Fasern aus der Pyramidenschicht in die anstoßende Zwischenschicht hinein, und weiterhin erscheint die gesamte Außenzone der letzteren von Radiärfasern durchzogen, die mit den Bogenfaserbündeln sich durchkreuzen. Diese Radiärfaserzüge sind bis in das Höhlengrau hinein verfolgbar und sie verlieren sich zwischen dessen dichten Kernmassen. Mit fortschreitender Entwicklung nimmt die Menge der Radiärfasern zu, und es ist von deren reichlichem Vorhandensein und von der entsprechenden Anordnung des Gliagerüstes abhängig, dass bei makroskopischer Präparation die auseinandergebrochene Hemisphärenwand eine ausgeprägt radiärstreifige Bruchfläche zu zeigen pflegt.

Die Radiärfasern einerseits und die Scharen radiärgestellter Zellen anderseits beginnen sich schichtenweise zu sondern. Zuerst erfolgt eine solche Sonderung von rein faseriger und von zellenreicher Substanz im Innern des Streifenhügels, und hier erhält sich zwischen Nucleus caudatus und N. lentiformis zeitlebens eine aus grauen und weißen Blättern geschichtete Zone. Vom Streifenhügel aus greift die Schichtenbildung auf das Basalgebiet des Hemisphärenmantels über und sie breitet sich von hier aus scheitelwärts aus. So finde ich im Bereiche der Basis eine in der Innenzone der Zwischenschicht ausgeprägte, etwas schräg geordnete Schichtung schon bei den Foetus Doed und Cr. Noch ist hier die Sonderung der Schichten keine scharfe, es handelt sich nur um einen Wechsel zwischen zellenreicheren und zellenärmeren Schichten. Während der nachfolgenden Perioden nimmt die streifige Sonderung innerhalb der inneren Wandzonen an Umfang und an scharfer Ausprägung zu, bis sie dann am Schluß des

vierten Monat, mit Ausnahme weniger, besonders sich verhaltender Bezirke, in der Umgebung des gesamten Ventrikelgebietes zur Ausbildung gelangt ist. Es ergibt sich daraus, daß das Hemisphärenmark nicht von Anfang ab als geschlossene Faserschicht auftritt, sondern daß es sich sein Gebiet schrittweise erobern und noch während geraumer Zeit mit Straßen von durchwandernden Neuroblasten teilen muß. Die Markschicht der Hemisphären bewahrt bekanntlich zeitlebens einen blättrigen Bau, der in einzelnen Bezirken, wie z. B. im Balken, besonders deutlich hervortritt. Dieser Bau leitet sich aus der Bildungsweise der ursprünglichen Anlage ab, deren Spuren in der Anordnung des Gliagerüstes und der Faserbündel erhalten bleiben.

Die Hemisphärenwand im vierten Monat.

Zu Ende des dritten Monats ist die Dicke der Hemisphärenwand noch gering und die Höhlung verhältnismäßig weit. Die oben mitgeteilten Messungen zeigen für Foetus Cr noch eine Wanddicke von 0.5 bis 1.1 mm. Im Laufe des vierten Monats ändert sich dies Verhältnis und bei dem vier Monate alten Foetus Pl (SSl. 12 mm) mißt die Wanddicke an den meisten Stellen um 4 mm, stellenweise sogar bis zu 5 mm. Dementsprechend sind auch die Seitenventrikel erheblich verengert und in einem Teil ihrer Ausdehnung zu schmalen Spalten umgewandelt.

Die Entwicklung der Hemisphären ist zu der Zeit ziemlich weit fortgeschritten. Äußerlich ist die Grundform von der bleibenden nur wenig unterschieden. Stirn- und Schläfenlappen sind durch die breit klaffende Fossa Sylvii voneinander geschieden, die einzige an der Seitenfläche sichtbare Spalte. Der Hinterhauptslappen tritt mit stumpfer Spitze nach rückwärts vor und überdeckt völlig das Kleinhirn. Der Balken und die vordere Kommissur sind vorhanden, das vordere Riechhirn zu einem langen Strang ausgezogen. An der medialen Wand machen sich vor allem die tiefe Fissura calcarina und die F. parietooccipitalis bemerkbar, außerdem die Fissura corporis callosi, die Fissura prima (parolfactoria BNA), und am Schläfenlappen die F. hippocampi. In den Seitenventrikeln scheiden sich Vorder-, Hinter- und Unterhorn. Aus der Seitenwand des Vorder- und des Unterhornes drängt sich der Streifenhügel als spangenartig gebogener, stark gewölbter Wulst hervor und er erfüllt die Lichtung großenteils bis auf eine enge Spalte. Im Hinterhorn bildet die mediale Wand eine gegen die Lichtung mächtig hervortretende Falte, die Anlage des Calcar avis. Der Säulenteil des Fornix sondert sich noch unscharf von den dickwandigen Trapezplatten, seine Schenkel schließen sich als gleichfalls noch dicke Platten dem durchweg ausgebildeten Hippocampus an.

Die Gliederung der Wand erscheint zu Ende des vierten Monats reicher als zuvor. So lassen sich bei Foetus Pl (12 mm SSl.) in der lateralen Wand

des Hinterlappens acht verschieden sich verhaltende Schichten unterscheiden, von denen die einen auf die früher vorhandenen Schichten zurückführbar sind, wogegen andere als neu hinzugekommene zu verstehen sind (Fig. 75).

1) Die Schicht des Höhlengraues oder Matrix;



Fig. 75. Durchschnitt durch den Occipitallappen des Gehirns von Foetus Pl (12 cm SSl.). Die laterale Wand zeigt die im Text angegebene Schichtung. Die Rindenschicht ist an ihrer peripherischen Oberfläche mit pilzartigen Auswüchsen besetzt, über denen die Randschicht glatt hinweggeht. Der nach links gekehrte Einschnitt ist die Fissura calcarina, der in den Ventrikel vorragende breite Wulst der Calcar avis, dessen freie Oberfläche mit einer sehr dünnen Schicht von Höhlengrau bekleidet ist. Auch die Rindenschicht ist am Grund der Fissura calcarina erheblich dünner, als im übrigen Umfang der Wand.

2) eine innere streifige Schicht;
3) eine innere Übergangsschicht;
4) eine äußere streifige Schicht;
5) eine äußere Übergangsschicht;
6) eine blasse, breite Zone, die Zwischenschicht;
7) die Schicht der Rindenpyramiden;
8) die Randschicht (Randschleier).

Von diesen acht Schichten entsprechen 1, 6, 7 und 8 den gleichnamigen Schichten vorangegangener Stufen. Dagegen umfassen die streifigen und die Übergangsschichten 2, 3, 4 und 5 die allmählich neu hinzugekommenen Anlagen des Hemisphärenmarkes, und wir können sie unter der gemeinsamen Bezeichnung der Markschichten zusammenfassen.

Die Schicht des Höhlengraues enthält dicht gedrängte kernhaltige Zellenleiber, sie entsendet in die nächstfolgende Schicht blattartig angeordnete zellenreiche Streifen, die mit flachen Lagen von Nervenfasern abwechseln (Fig. 76). Je nach der Schnittrichtung stehen die Blätter der streifigen Schicht senkrecht, schräg oder parallel zur Ventrikelfläche, auch finden sich Umbiegungen aus einer Richtung in die andere. Nach auswärts von der inneren streifigen Schicht und nur durch einen schmalen Zwischenstreifen davon getrennt, folgt eine weitere streifige Schicht, der ersteren ähnlich, aber mit anders gerichteter Streifung. Steht die Streifung in der inneren Schicht senkrecht zur Ventrikelfläche, so verläuft sie in der äußeren parallel oder doch schräg zu dieser und umgekehrt. Die Richtung der Blätterschichtung und die des Faserverlaufes innerhalb der Blätter fallen nicht notwendig zusammen. An Blättern, die senkrecht zur Oberfläche stehen, erscheinen die Fasern durchweg querer geschnitten. In Blättern parallel zur Oberfläche fallen Faserrichtung und Blattrichtung im allgemeinen zusammen. Für beide Fälle ergibt sich sonach, daß die innersten Faserlagen in ihrer Verlaufsrichtung der Ventrikelfläche folgen, ein Verhalten, das für die Balkenfasern zeitlebens zutrifft. Die beiden Übergangsschichten heben sich durch ihren größeren Kernreichtum und dementsprechende dunklere Färbung von den Nachbarschichten ab, stellenweise treten sie auch als Doppelstreifen auf.



Fig. 76. Ventrikuläre Oberfläche der Hemisphärenwand von Foetus Pl. Der Schnitt zeigt die noch ziemlich dicke Schicht von Höhlengrau und die von dieser nach auswärts ausstrahlenden dunkeln (zellenreichen) Streifen. Zwischen den letzteren liegen in blattartiger Anordnung die Markfasern, die den Pyramidenzellen der Rinde entstammen.

Die Schicht, die ich oben als breite, blasse bezeichnet habe, ist aus der Zwischenschicht früherer Stadien abzuleiten. Wie diese ist sie von

zahlreichen Radiärfasern und radiär gestellten Zellenleibern durchsetzt, und sie schließt sich mit beiderlei Bestandteilen der Rindenschicht an (Fig. 77). Diese zeigt, da wo die Schnitte senkrecht zur Oberfläche geführt sind, in ihrer gesamten Dicke einen ausgeprägt radiärstreifigen Bau. Wird sie vom Schnitte schräg getroffen, so zeigt sie eine der Oberfläche parallele Streifung (Fig. 78).

Um von der relativen Mächtigkeit der verschiedenen Schichten eine Vorstellung zu geben, teile ich Dickenmaße mit, die ich bei Foetus Pl an der

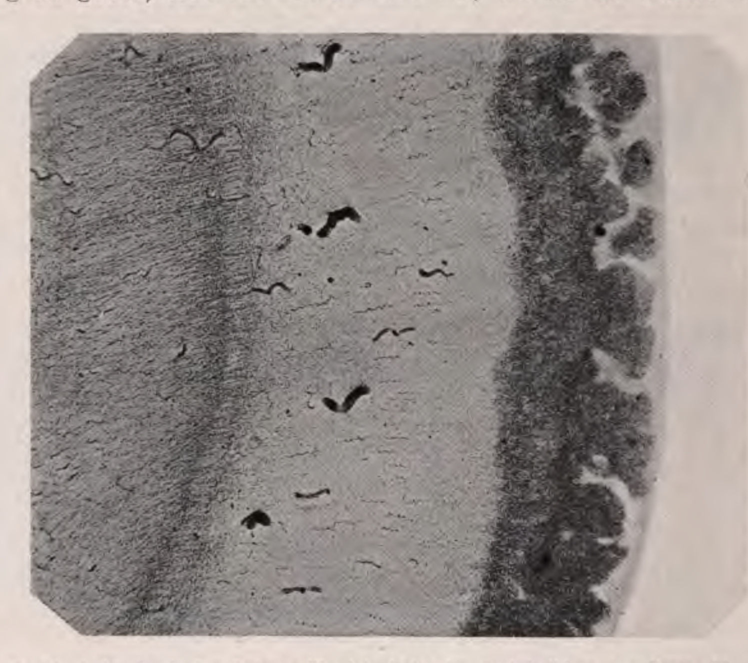


Fig. 77. Durchschnitt durch den äußeren Wandabschnitt des Occipitalhirns von Foetus Pl. Der Schnitt zeigt die äußere streifige und die äußere Übergangsschicht, sowie die bloße Zwischenschicht und deren Anschluß an die Rindenschicht.

lateralen Wand des Hinterhorns aufgenommen habe: Die Gesamtdicke der Wand von der Ventrikel- bis zur Außenfläche beträgt 4 mm. Davon kommen auf:

			oder zusammengefaßt	
das Höhlengrau	0.2 mm		das Höhlengrau	0.2 mm
die innere streifige Schicht	0.5 „		die Markschichten	1.6 „
die innere Übergangsschicht	0.2 „		die Zwischenschicht	1.4 „
die äußere streifige Schicht	0.6 „		Rinden- und Randschicht	0.8 „
die äußere Übergangsschicht	0.3 „			
die Zwischenschicht	1.4 „			
die Rinden- mit Einschluß der Randschicht	0.8 „			

Die mächtigste Schicht ist die aus der früheren Zwischenschicht hervorgegangene blasse Schicht, sie nimmt über ein Drittel der gesamten Wanddicke ein. Sie ist es aber auch, die die ausgiebigsten Dicken-

schwankungen zeigt. Überall da, wo die Rinde sich einfaltet, geschieht die Einfaltung auf Kosten der Zwischenschicht, und deren Dicke kann unterhalb von Rindenfalten bis unter die Hälfte ihres sonstigeu Betrages herabgehen. An solchen eingefalteten Stellen pflegt sich übrigens auch die Rindenschicht etwas zu verdünnen.

Der größere Teil der Hemisphärenwand ist nach dem eben beschriebenen Typus gegliedert. Die absoluten und relativen Dickenmaße der Schichten wechseln zwar, aber in allen typisch gebauten Strecken folgt auf



Fig. 78. Durchschnitt durch die Hemisphärenwand von Foetus Pl. In der Rindenschicht und teilweise schon in der Zwischenschicht ist eine der Oberfläche parallele Schichtung wahrzunehmen. Die bei Fig. 77 längsgetroffenen Blätter sind hier quer- oder schräggetroffen, wie dies auch aus dem Verhalten der Blutgefäße ersichtlich ist. Diese sind bei Fig. 77 radiär angeordnet, bei Fig. 78 ist eine solche Anordnung nur noch innerhalb der streifigen Schicht und auch hier unvollkommen ausgesprochen. (Zu Seite 114.)

das Höhlengrau eine ein- oder mehrfache streifige Schicht, in der Blätter eines zellenreichen Gewebes mit Faserplatten abwechseln. Nach außen davon kommen eine radiär streifige Zwischenschicht, sowie eine Pyramidenzellen- und eine Randschicht. Im Stirnlappen vereinfacht sich die Anordnung, indem eine einzige streifige Schicht von erheblicher Dicke auftritt. Die Zwischenschicht bleibt hier verhältnismäßig schmal. Ich messe z. B. an einem Schnitt durch die laterale Wand des Vorderhorns:

die Gesamtdicke	3.5 mm
davon das Höhlengrau	0.4 „
die streifige Schicht	1.2 „
die Zwischenschicht	0.7 „
die Rinden- nebst der Randschicht	1.0 „



Fig. 79. Horizontalschnitt durch das Gehirn von Foetus CP (SSl. 16 cm). Es sind vom Schnitt getroffen: Die Sehhügel und die verschiedenen Glieder des Streifenhügels, N. caudatus, innere Kapsel, Linsenkern und Claustrum. Die Sehhügel sind vom Anfangsteil des Hippocampus und den Fornixschenkeln eingefaßt. Nach vorn sind sie durch die beiden Foramina Monroi von den Fornixsäulen geschieden. Die aus den früheren Trapezplatten hervorgegangenen Abschnitte der Hemisphärenwand sind im Bereiche der Fornixsäulen miteinander verwachsen (die Verwachsungslinie zeichnet sich als dunkler Streifen). Weiter nach vorn klaffen sie und nehmen eine dünne Fortsetzung der Pia zwischen sich. Der klaffende Raum ist der nach vorn noch nicht abgeschlossene Ventriculus septi pellucidi. In betreff der Schichtung der Hemisphärenwand verweise ich auf den Text. Die Rindenschicht sieht man sowohl vor dem Septum pellucidum als am Hippocampus frei auslaufen.

Dieselbe Schichtung der Hemisphärenwand wie bei Foetus Pl finde ich bei dem 16 cm langen Foetus CP. Auf das Höhlengrau folgt eine doppelte

Markfaserschicht, im Occipitalhirn mit gekreuztem Verlauf der Faserbündel. Dann kommt eine kernreichere Übergangsschicht, nach dieser die blasse Zwischenschicht und die Rindenschicht. An den horizontal geführten Schnitten (Fig. 79, S. 116) sind die Beziehungen der Wandschichten zu den Gliedern des Streifenhügelgebietes zu verfolgen. Das Höhlengrau geht in den Nucleus caudatus über, der wie ein massiger Klumpen unverbrauchten Bildungsmateriales gegen die Ventrikelhöhle sich vorwölbt. Die innere Kapsel schließt sich den Markfaserschichten der übrigen Wand an, der Linsenkern, nach beiden Richtungen sich zuschärfend, wird durch die Endabschnitte der inneren Kapsel eingesäumt, und das Claustrum setzt sich in die äußere Übergangsschicht fort. Letzteres erscheint somit als Rest einer Bildung, die in früherer Zeit eine viel allgemeinere Ausbreitung besessen hat.

Eine weitere Verfolgung der Hemisphärenschichten auf spätere Gelegenheit versparend, wende ich mich zu den Entwicklungsvorgängen der medialen Wand zurück. Zuvor sind noch gewisse Eigentümlichkeiten der Rindenoberfläche zu besprechen.

Die Retziusschen Wärzchen an der Oberfläche foetaler Großhirnhemisphären.

Die Hemisphärendurchschnitte der Figuren 75 und 77, die von dem 12 cm langen Foetus Pl stammen, zeigen eigentümliche warzen- und pilzförmige Auswüchse an der der Oberfläche zugekehrten Seite der Rindenschicht. Ich hatte vor einigen Jahren Anlaß der histologischen Sektion des internationalen medizinischen Kongresses in Paris eine kurze Mitteilung über diese sonderbaren Gebilde zu machen.[1]) Später habe ich bei der makroskopischen Präparation von Foetus aus der Zeit des vierten Monats, die in Formalin aufgehoben waren, gefunden, daß die oberflächliche Schicht der Hemisphären sich vielfach mit den Hirnhäuten ablöste und nun traten darunter eigentümliche Wülste und Wärzchen hervor, deren Durchmesser zwischen $^3/_4$ und 1 mm betrug, und die in geringen Abständen voneinander lagen. Einzelne dieser Gebilde waren halbkuglig gestaltet, andere länglich und verbogen (wurstförmig). Die Zusammengehörigkeit dieser Gebilde mit den auf Durchschnitten gesehenen mußte von vornherein sehr wahrscheinlich erscheinen. Die Schnitte durch solche Gehirne zeigen in der Tat ähnliche Hervortreibungen der Rindenschicht. Diese Schicht erscheint zu der Zeit ungemein zellenreich, ihre Zellen sind regelmäßig radiär angeordnet, in den tieferen Zonen der Schicht liegen sie senkrecht zur Außenfläche des Gehirns, beim Übergang in die Wärzchen weichen sie fächerförmig auseinander. Die innere Begrenzung des Zellenlagers folgt den Bewegungen der Außenfläche

[1]) XIII[e] Congrès international de Médecine. Paris 1900. Compte rendu. Section d'Histologie et d'Embryologie p. 36.

nicht, sie verläuft glatt oder in breiten, flachen Wellenlinien. Auch die Randschicht zieht sich glatt über den Wärzchen hinweg und sie besitzt demnach eine wechselnde Dicke, eine geringe über den Erhebungen, eine größere in den Zwischenräumen. Es hat sich weiterhin herausgestellt, daß ähnliche Gebilde bei Foetus des vierten Monats schon vor mir gesehen worden sind. In seinem großartig angelegten, an tatsächlichen Befunden so reichem Werk „Über das Menschenhirn" hat GUSTAV RETZIUS[1]) u. a. Beobachtungen mitgeteilt, die sich auf die von mir gesehenen Dinge zu beziehen scheinen. RETZIUS sagt nämlich im angeführten Werke: „Außerdem habe ich am viermonatlichen menschlichen Gehirn noch eine andere Art eigentümlicher Wucherung, die ich schon früher beschrieben, wahrgenommen. An der Außenfläche von Gehirnen, welche mit Chromosmiumessigsäure behandelt waren, sah ich eine feingranulierte Beschaffenheit durch die glatte Oberfläche durchschimmern; hier und da hatte sich die äußerste dünne Oberflächenschicht abgelöst, und dann erschienen diese Stellen gleichsam gekörnt oder mit dichten, rundlichen Erhabenheiten besetzt. Bei der mikroskopischen Untersuchung senkrechter durch die Oberfläche gelegter Schnitte ergab es sich, daß die granulierte Beschaffenheit von einer ungleichen Wucherung der Pyramidenzellenschicht herrührt, welche in rundlichen Erhabenheiten emporgeschossen war; die Zwischenräume dieser „Granulationen" waren von der äußersten sogen. molekularen Schicht ausgefüllt, so daß die eigentliche Oberfläche des Gehirns, wenn diese Schicht nicht abgelöst war, glatt erschien." „Diese eigentümlichen ‚Granulationen' der Pyramidenzellen sah ich auffallend oft in Gehirnen aus dem vierten Monat, an Gehirnen aus dem fünften aber selten. Ich bin in der Tat geneigt, sie eher als eine natürliche, denn als eine abnorme Erscheinung zu betrachten; sie scheinen mir auf eine vorübergehende sehr energische Entwicklung der Pyramidenzellenschicht hinzudeuten, die jedoch bald wieder durch die Ausbildung der angrenzenden Schichten ausgeglichen wird. Man muß sich aber auch die Möglichkeit denken, daß diese Granulation eine krankhafte Erscheinung sein kann, was in Anbetracht des so zahlreichen Vorkommens pathologisch entwickelter (u. a. syphilitischer) Aborte nicht ohne weiteres auszuschließen ist." In der Tafelerklärung wird von RETZIUS die Möglichkeit pathologischer Bildung gleichfalls hervorgehoben.

RETZIUS beschreibt und zeichnet überdies (l. c. S. 76 und Tafeln L und LI) am Gyrus hippocampi des erwachsenen Gehirns als eine konstante Bildung dicht gedrängte Wärzchen als „Verrucae Gyri hippocampi". Die Zeichnung und noch mehr die vergrößerte Photographie, die RETZIUS von dieser Bildung mitteilt, erinnern auffallend an das Bild der an der foetalen Hirnoberfläche zu beobachtenden Wärzchen, auch hier treten, außer den

[1]) G. RETZIUS, Das Menschenhirn. Stockholm 1896. S. 17 u. Taf. II Figg. 18, 20 u. 21.

einfachen, rundlichen Hügeln, etwas gestreckte und verbogene Formen auf. RETZIUS selber scheint eine Beziehung zwischen den von ihm aufgefundenen Wärzchen des Gyrus hippocampi und den „Granulationen" der foetalen Gehirnoberfläche nicht anzunehmen, wenigstens äußert er sich nicht darüber, und während er in dem einen Fall von „feinen Granulationen" spricht, so beschreibt er in dem andern Fall „dicht gedrängte Wärzchen".

RETZIUS gibt laut obigem Zitat an, daß er die „feingranulierte Beschaffenheit der Rindenschicht durch die glatte Oberfläche hat durchschimmern" sehen. Ich habe auch meinerseits Präparate in Händen gehabt, an denen ein Hindurchschimmern kleiner Wärzchen durch die unverletzte Oberfäche hindurch wahrnehmbar war. Am deutlichsten fand ich dies Verhalten an Gehirnen ausgeprägt, die zuerst in Formalin aufgehoben und dann auf einige Tage in MÜLLERsche Lösung gebracht worden waren. RETZIUS spricht sich über den normalen oder pathologischen Charakter der von ihm bearbeiteten Foetus sehr zurückhaltend aus und weist insbesondere auf die Möglichkeit luetischer Veränderungen hin. Meinerseits habe ich keinen Grund, so zurückhaltend zu sein, denn mehrere meiner Präparate, an denen die Hemisphärenwärzchen trefflich zu sehen waren, stammen aus Leichen von gesunden Selbstmörderinnen, und die betreffenden Foetus haben sich durch ihr wohlgenährtes Aussehen als normal beurkundet. Eine andere Frage ist die, ob es sich auch hierbei um postmortale Quellungserscheinungen handelt, eine Annahme, die HOCHSTETTER[1]) zu vertreten scheint. Es würde dies wohl ohne weiteres anzunehmen sein, wenn die äußere Randschicht an den Niveaubewegungen der unterliegenden Rindenschicht beteiligt wäre. Dies ist aber nicht der Fall. Wie die Figuren 73 und 75 zeigen, so zieht sich die Randschicht völlig glatt und gleichmäßig über die Unebenheiten der Rindenschicht hinweg. Die Frage über die Bedeutung der fraglichen Wärzchen bedarf daher noch eingehender weiterer Prüfung.

Die Blutgefäße des Vorderhirns.

Schon vom Beginn des zweiten Monats ab erscheint der gesamte Körper des Embryo sehr gefäßreich; dichte Netze von weiten Kapillaren häufen sich insbesondere überall an den Grenzflächen von Mesenchym und von ectodermalen Anlagen an. In der nächstfolgenden Zeit nimmt die Dichtigkeit der Gefäßgerüste noch zu, und speziell das Gehirn wird in allen seinen Teilen von fast ununterbrochenen Lagen von relativ weiten, blutüberfüllten Kanälen umgeben. Von der Dichtigkeit des Systemes kann Fig. 80, S. 120, eine Vorstellung geben, die Reproduktion eines Sagittalschnittes, der die Gefäße des Mittelhirns und teilweise noch die des Thalamus streift, und

---

[1]) HOCHSTETTER, l. c. S. 5.

an dem auch die Gefäßumkleidung der Großhirnhemisphäre und des Cerebellums im Durchschnitt verfolgbar ist. Der Schnitt stammt von dem 15,6 mm langen, etwa 6 Wochen alten Embryo Wi. Von dem 7wöchentlichen Embryo Lhs (Nl. 17 mm) teile ich Fig. 81, S. 121, eine nach dem frischen Präparate aufgenommene Flächenzeichnung mit. Der Grundcharakter der Gefäßanordnung ist, wie man sieht, derselbe wie bei Wi, und er findet sich

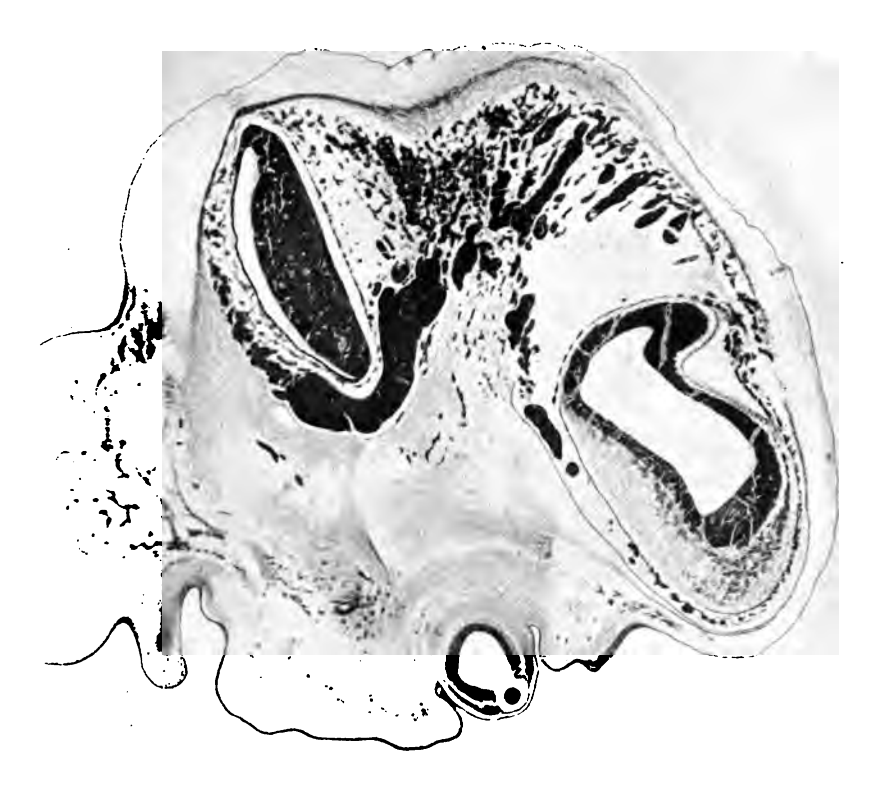


Fig. 80. Sagittalschnitt durch den Kopf des Embryo Wi, ziemlich weit lateralwärts geführt. Vom Gehirn sind die Hemisphäre des Großhirns und die des Kleinhirns gestreift. Die Basalvene tritt als stark gebogener Stamm der basalen Gehirnfläche entlang und nimmt allenthalben starke und dicht gelagerte Bogengefäße auf. (Zu Seite 119.)

bei allen genügend frisch zur Beobachtung gelangenden Embryonen des zweiten Monats in eben der Weise wieder. Starke, in kurzen Abständen aufeinander folgende Sammelnerven umgreifen die Seitenflächen des Gehirns, und sie münden jederseits in einen starken zur Jugularvene hinführenden Stamm ein, den wir als Basalvene bezeichnen können. In meinen Originalzeichnungen vom Embryo Lhs finde ich den Stamm nicht angegeben, wohl aber in anderen Zeichnungen von zum Teil noch jüngeren Embryonen, und sehr mächtig tritt sie an den Sagittalschnitten vom Embryo Wi zutage, wie sie denn auch in Figur 80 eine Strecke weit verfolgbar ist. Ich habe

daher kein Bedenken getragen, sie auch in Figur 81 einzuzeichnen. Wie die Verfolgung an Sagittalschnitten ergibt, so umgreift die Basalvene in einem starken Bogen die dorsale Wand der knorpeligen Gehörkapsel und erreicht nach Aufnahme starker, hinter dem Cerebellum herabsteigender Zuflüsse, der Vorläufer des Sinus transversus, das Anfangsstück der Vena jugularis. Der Schnitt Figur 80 streift noch das System des



Fig. 81. Venen der Gehirnoberfläche von Embryo Lhs (17 mm Nl.), nach dem frischen Präparat gezeichnet. Zusammenlaufen der die verschiedenen Gehirnabteilungen, besonders aber das Zwischen- und Mittelhirn umgreifenden Bogengefäße nach der Gehirnbasis hin. Ich habe die Basalvene nach anderen Präparaten ergänzt. (Zu Seite 120.)

Sinus transversus, wogegen die Jugularvene in weiter medial gelegenen Schnitte fällt.

Die oberen Ableitungsbahnen und insbesondere das System des Sinus sagittalis superior sind nur in ihren vorderen Anfängen vorhanden. Es ist dies auch verständlich, da ja die Hemisphären noch nicht einmal den Thalamus völlig überdecken. Der Abfluß des Blutes aus diesen oberen Bezirken geschieht gleichfalls nach der Basalvene hin durch Bogengefäße, die dem hinteren Hemisphärenrand folgen.

Mit zunehmender Entwicklung des Gehirns teilen sich in ausgeprägter Weise obere und untere Abflußbahnen des Großhirnblutes. Als Beispiel gebe ich die nach Photogrammen eines frischen Präparates angefertigte Zeichnung der oberflächlichen Hirngefäße eines Foetus von 16 cm SSl. (Fig. 82). Die Verzweigungen der A. meningea media treten darin als feine, von der Fossa Sylvii ausstrahlende Fäden hervor, wogegen die Venen ein reiches Astwerk bilden, dessen Stämmchen und Zweige mit winkligen Biegungen teils basalwärts, teils scheitelwärts verlaufen, wobei sowohl im



Fig. 82. Gefäßnetz der Pia mater eines Foetus von 16 mm SSl. Die Verzweigungen der A. meningea media zeichnen sich als feine, nur wenig gebogene Stämmchen, die vom Gebiet der Fossa Sylvii aus nach den verschiedenen Richtungen hin ausstrahlen. Sehr viel reicher ist das Astwerk der Venenstämmchen, die in winkligem Verlauf, teils nach oben, teils nach der Basis hintreten. Die stärksten dieser Stämmchen treten zum Grund der Fossa Sylvii. Sowohl das obere als das untere Abflußgebiet zeigen zahlreiche Parallelstämmchen.

oberen, als im unteren Abflußgebiet die Stämmchen vorwiegend in parallel gestellten Bogenlinien angeordnet sind. Bei dieser weit vorgerückten Stufe von Figur 82 haben die Großhirnhemisphären bereits ihre endgültige Form und Ausdehnung angenommen. Thalamus, Mittelhirn und Cerebellum sind von ihnen überlagert und man darf wohl annehmen, daß nunmehr auch die Abflußbahnen des Blutes durchweg ihre bleibende Stellung eingenommen haben.

Als primäre Hirnsichel können wir die Mesenchymplatte bezeichnen, die zwischen die beiden Hemisphären sich einschiebt. Sie ist an jeder ihrer beiden Berührungsflächen von einer selbständigen Gefäßschicht bekleidet,

umfaßt also außer der Hirnsichel im Sinn der Anatomie, d. h. außer der Anlage der fibrösen Hirnsichel, die beiderseitigen Anlagen der Pia. Die Scheidung der fibrösen Hirnsichel von den Piaanlagen vollzieht sich ziemlich früh. Wie überall da, wo gefäßführendes Mesenchymgewebe die Oberfläche von Gehirn oder Rückenmark umkleidet, so bezeichnet auch hier eine glatte Grenzchicht, die M. limitans meningea, den freien Saum der Pia, und ihm legen sich die kapillaren Blutgefäße dicht an. Da wo die Mesenchymplatte beiderseits an die Gehirnoberfläche anstößt, wie dies für die primäre Hirnsichel und die nachher zu betrachtende Tela chorioidea der Fall ist, da erscheint sie beiderseits geglättet und von Gefäßen besetzt. Dazwischen bleibt ein gefäßarmer Zwischenraum, in dem sich weiterhin faseriges Bindegewebe entwickeln kann. Bei Embryo N (Nl. 10.9 mm) ist eine faserige Falx duralis von den beiderseitigen Piabekleidungen bereits sicher unterscheidbar.

Tela chorioidea und Plexus chorioidei. Da wo die primäre Hirnsichel die Decke des Zwischenhirns erreicht, gabelt sie sich in zwei Schenkel, die in den Spaltraum zwischen der freien Außenfläche des Thalamus und dem Hemisphärenlimbus vordringen. Diese von dem Rande der Hirnsichel sich abzweigenden Gewebsplatten stellen zusammen die Anlage der Tela chorioidea dar (Figg. 41 und 43). Gleich anderen in Gehirnspalten eindringenden Bindegewebsplatten trägt auch die Tela chorioidea eine doppelte Gefäßschicht, eine mediale, dem Thalamus und eine laterale, der Hemisphäre zugekehrte. Von der lateralen Schicht zweigt sich die Gefäßauskleidung der lateralen Chorioidealtasche ab. Die mediale Schicht gewinnt ihre stärkste Ausbildung über der Decke des dritten Ventrikels und von hier aus entwickeln sich in der Folge die Plexus chorioidei mediales. Hinter dem Stielgebiet tritt die Fortsetzung der Tela chorioidea bis zur Basis herab und schließt sich hier an die übrige Piabekleidung der Gehirnoberfläche an, indem ihre beiden Gefäßlamellen in eine der Hemisphäre folgende und in eine dem Hypothalamus sich anlegende Schicht auseinanderweichen.

Die Fissura chorioidea der medialen Hemisphärenwand ist zur Zeit ihres ersten Auftretens sehr weit und sie gewährt ihrer gesamten Länge nach einen geräumigen Zugang zur Tasche des Corpus chorioideum. Das Gefäßsystem des Corpus chorioideum bildet noch einen Bestandteil des allgemeinen Gefäßnetzes der medialen Hemisphärenwand, und es hängt mit diesem durch zahlreiche Zweige zusammen. Entsprechend seiner Bildungsweise besteht es aus einer oberen und einer unteren Platte (Fig. 83, S. 124). Die weite Öffnung erhält sich aber nicht auf die Dauer, sie verengt sich sehr erheblich. Durch dichte Aneinanderlagerung ihrer Wandungen wird die Abgangsstelle des C. chorioideum zu einer kapillaren Spalte reduziert. Dabei schwinden auch die reichlichen Gefäßverbindungen des inneren und des äußeren Netzes, die Kommunication der Tela mit den Plexus wird nur

noch durch wenige Stämmchen unterhalten, die durch die vorderen Abschnitte der Figur hindurchdringen. Auch der innere Gefäßgehalt des Corpus chorioideum nimmt im Verlauf des dritten Monats ab. Der voluminöse Körper besteht in der Folge vorwiegend aus lockerem Mesenchymgewebe mit verhältnismäßig engen Gefäßen. Auf früherer Stufe, an den



Fig. 83. Querschnitt durch das Vorderhirn von Embryo Se (Nl. 16 mm). Thalamus und Streifenhügel sind links getrennt, rechts beginnt die Verbindung beider. An der medialen Hemisphärenwand öffnet sich mit sehr weitem Zugang die Fissura chorioidea, in die eine doppelte Gefäßschicht eintritt. (Zu Seite 123.)

Sagittalschnitten des oben besprochenen Embryo Wi, ist die zu dem Plexus chorioïdeus führende Arterie als ein aus der Carotis interna emporsteigendes Stämmchen nachweisbar. Der Blutabfluß geschieht durch ein schräg nach rückwärts ansteigendes dichtes Geflecht, das in das dorsale Gefäßnetz des Thalamus übergeht und als Vorläufer der Vena Galeni zu deuten ist.

Als ein besonders bemerkenswertes, dem frontalen Abschnitt der Hirnsichel angehöriges Gefäß ist vom dritten Monat ab die vordere Bogenvene hervorzuheben. Sie ist paarig angelegt und verläuft, wie Fig. 51, S. 79 zeigt, nahe vor der Fissura prima basalwärts, indem sie das Blut aus dem vordern Abschnitte der Hemisphärenwand sammelt.

Die mediale Hemisphärenwand ist im allgemeinen ebenso dicht mit Gefäßen bekleidet, wie die laterale. Von dieser Regel machen indessen zwei dem Limbus angehörige Streifen eine Ausnahme, die Spalte zwischen den Trapezplatten und die Rinne zwischen der Lamina infrachorioidea und dem Thalamus. In die Spalte zwischen den Trapezplatten sieht man bei Foetus des dritten Monats eine sehr dünne Fortsetzung der Hirnsichel eindringen mit feinen Kapillaren (Figg. 41 u. 43, S. 62). Diese Platte läuft aber aus, bevor sie den Grund der Spalte erreicht hat, und es findet sich unmittelbar vor der Verschlußplatte des dritten Ventrikels ein Bezirk, der frei ist von Bindegewebe und Gefäßen. Hier begegnen sich in früher besprochener Weise die Kontaktflächen der beiden Trapezplatten, zwischen denen es zu teilweiser Verwachsung kommt. Das zweite gefäßfreie, bez. sehr gefäßarme Feld liegt längs der Anheftung der medialen Hemisphärenwand an den Thalamus, im Bereiche der Lamina infrachorioidea. Das Feld umgreift den Hemisphärenstiel und reicht bis in den basalen Teil des Schläfenlappens.

Commissura anterior und Balken.

Commissura anterior.

Bis zur Mitte des dritten Monats wird der vordere Abschluß des Ventrikelsystems längs der Mittellinie ausschließlich von der Schlußplatte gebildet (Figg. 44 u. 45, S. 66 u. 67). Diese steigt vom Recessus opticus aus in einer geschwungenen Bogenlinie zum Angulus praethalamicus empor, und sie besitzt zu der Zeit eine Dicke von 50—150 μ. Ihre Kerne liegen in 12—15facher Schichtung. Der basale, als Lamina terminalis persistierende Abschnitt der Schlußplatte ist nach vorn hin frei, und seine seitlichen Verlängerungen schließen den trichterförmig sich verjüngenden Recessus opticus ab. Weiter oben geht die Schlußplatte beiderseits unter scharfer Umbiegung und gleichzeitiger starker Verdickung in die Trapezplatten der medialen Hemisphärenwand über. Von da ab liegt die Schlußplatte am Grund einer tiefen Spalte, deren Ränder sich stellenweise beinah berühren (Figg. 41 u. 42, S. 62 u. 63). Der Durchmesser der Trapezplatten beträgt das Drei- bis Vierfache der übrigen Wand des Stirnhirns.

Die Rindenschicht der Hemisphärenwand erstreckt sich bis zur Fissura prima, und sie überschreitet diese als eine dünne, von einem blassen Rand-

schleier eingefaßte Lage. Beim Übergang auf die Trapezplatte hört sie unter Auflockerung ihres Gefüges und ohne scharfe Grenze auf. Vom vorderen Rande der medianen Furche her tritt die gefäßreiche Hirnsichel zwischen die beiden Hemisphären ein. Sie wird, wie dies oben erörtert wurde, vor Erreichung der Trapezzone dicker und entsendet quere Verlängerungen in die beiderseitigen Fissurae primae. Der in der Mittelebene zwischen die Trapezplatten eintretende Fortsatz verjüngt sich schon erheblich und endigt vor Erreichung der Schlußplatte. Mit ihren tiefen Abschnitten legen sich die beiderseitigen Trapezplatten dicht aneinander an, und die sich begegnenden Kontaktflächen sind nur durch eine verkümmerte Bindegewebsplatte geschieden. Hier kommt es weiterhin zur Verwachsung der beiderseitigen Gliagerüste, und durch die entstehende Gewebsbrücke hindurch wachsen weiterhin die Fasern der Commissura anterior.[1])

Die Commissura anterior findet sich beiderseits angelegt, bevor ein Übertritt von Fasern erfolgt. Bei zwei unter sich völlig übereinstimmenden Schnittreihen von Foetus von 46 mm SSl. (Stg und Oe) finde ich kräftige, scharf abgesetzte Faserbündel, die unter dem Linsenkern durch, in gebogenem Verlauf medialwärts treten, dann aber vor Erreichung der Mittellinie sich verjüngen und schließlich verlieren (Fig. 43, S. 65 links).[2]) Bei dem 5 cm langen Foetus Doed ist die Verbindung beider Seitenhälften voll ausgebildet, und das Verbindungsbündel der Kommissur liegt nun unmittelbar vor der Schlußplatte, d. h. extraventrikulär. Wir können also die zweite Hälfte des dritten Monats als die Zeit ansehen, in der die Bildung der vorderen Kommissur sich vollendet, nachdem deren seitliche Anfänge schon früher angelegt waren. Um übrigens aus dem Streifenhügelgebiete, d. h. aus der lateralen Hemisphärenwand in die mediale Wand überzutreten, bedurften die Kommissurenbündel einer ferneren Brücke. Diese Brücke ist durch Verwachsung des mittleren Streifenhügelschenkels mit dem Rand der Trapezplatte hergestellt worden (Fig. 41 links, Fig. 42 beiderseits S. 62 u. 63). Die Kommissurenbündel durchwachsen die Gewebsleiste, die sich so zwischen die vordere und die hintere Riechhirnhöhle eingeschoben hat, und sie liegen anfangs in deren oberem Rand.

---

[1]) Nach E. Zuckerkandl wird die gefäßführende Hirnsichel bei der Ratte von einzelnen Zellenwülsten durchwachsen und damit zur Atrophie gebracht. Das, was oben Trapezplatte genannt worden ist, bezeichnet Zuckerkandl als „Massa commissuralis“ oder als primäres Septum, Elliot Smith als Area praecommissuralis.

[2]) In einem soeben erschienenen Aufsatz „Über Balkenmangel im menschlichen Gehirn“ beschreiben M. Arndt und F. Sklarek einen Fall, in dem die vordere Kommissur ein dem oben beschriebenen sehr ähnliches Verhalten gezeigt hat. Beiderseits existierte der Seitenabschnitt der vorderen Kommissur vom Schläfenlappen aus bis unter den Linsenkern. Hier verlor er sich und das Verbindungsstück beider Seitenhälften war nicht zur Ausbildung gelangt (Archiv für Psychiatrie Bd. 37 Heft 3).

Die beiderseitigen Trapezplatten zeigen nach dem Ventrikel zu eine kernreiche Innenplatte (Ependymplatte) mit radiär gestellten Zellenleibern und Kernen. An diese schließt sich ohne scharfe Grenze ein feinfasriges dichtes Gliagerüst an, dessen Zellenleiber nach verschiedenen Richtungen sich durchkreuzen. Bei den Embryonen von $2^1/_2$ Monat (Stg) finde ich außer den oben erwähnten Bündeln der vorderen Kommissur in dem Gerüst keine Faserzüge. Sein Maschenwerk erscheint noch frei von Einlagerungen, insbesondere vermisse ich zu der Zeit noch die später hier auftretenden Bündel der Fornixsäule.

Die weitere Ausbildung von Kontaktflächen. Auftreten der Fornixbündel und des Balkens.

Die oben beschriebenen, die Bildung der vorderen Kommissur einleitenden Vorgänge sind Teilerscheinungen eines über den gesamten Limbus sich erstreckenden Prozesses, als dessen Endergebnis die Bildung des Fornix und des Balkens sich darstellen. Balken- und Fornixbildung sind vielfach von vortrefflichen Forschern bearbeitet worden, allerdings nicht mit übereinstimmenden Ergebnissen, und ich werde nachher auf einige der wichtigen literarischen Daten einzugehen haben. Vorerst scheint es mir zweckmäßig, mit meiner eigenen Beschreibung fortzufahren.

Im Bogengebiet des Limbus bildet die Hemisphärenwand, wie dies in einem früheren Abschnitt gezeigt wurde, eine ventrikelwärts einspringende, anfangs flache, im Verlaufe des vierten Monats schärfer sich ausprägende Falte, die Bogenfalte (Plica arcuata). (Fig. 52, S. 81.) Ihr entspricht an der medialen Oberfläche die SCHMIDTsche Bogenfurche. Unterhalb dieser Furche und vor dem Übergang in die Lamina chorioidea bildet die S-förmig gebogene Wand eine zweite, medialwärts konvexe Falte, die Randfalte oder Randlippe. Schon bei Foetus des dritten Monats zeigt sich der die Bogenfalte bildende Teil der Hemisphärenwand gegenüber dem außerhalb des Limbus liegenden verdickt. Unter dem Scheitel der Randlippe erfolgt dann rasch die Verjüngung zur Ependymplatte. Die auslaufende Rindenschicht verhält sich etwas anders als im Trapezfeld. Sie bildet auch hier eine schmale, von einer blassen Randschicht überzogene Platte, zieht sich aber beim Übergang zur Bogenfalte etwas von der Oberfläche zurück und endigt in dem untern Faltenschenkel aufgelockert und mit einer leichten Anschwellung.

Damit stellen sich nun aber die Teile so, daß die an das Höhlengrau stoßende innere Wandschicht bis in den Scheitel der Randlippe vordringt. Es ist dies die Schicht, in der sich in der Folge die aus den Pyramidenzellen stammenden Markfasern ansammeln, der Limbus medullaris obiger Aufzählung. Es wird somit am Scheitel der Randlippe ein Bezirk geschaffen, längs dessen Markfasern Gelegenheit

finden, die freie Oberfläche der Hemisphärenwand zu erreichen. Von dem Bogenstück des Limbus kommt der vordere Teil über den Thalamus, der hintere Teil neben dessen Seitenfläche zu liegen. Über dem Thalamus sind sich die beiden Randlippen zugekehrt, durch einen mehr oder minder breiten Abstand voneinander getrennt.

Die medialwärts gekehrten Randlippen entwickeln sich mit zunehmender Anhäufung von Markfasern zu kräftigen Platten. Anfangs durch eine Gefäßschicht voneinander geschieden, rücken sie sich in der Folge näher, und es bilden sich an ihnen ebene Kontaktflächen. Schließlich kommt es, unter Reduktion und Verkümmerung der dazwischen liegenden Gefäße, zu einer Verschmelzung der beiderseitigen Lippen und damit zur Herstellung einer Brücke, die den Übertritt von Balkenfasern ermöglicht. Auch die rindenführenden Streifen der beiden Randlippen nehmen an der Bildung der Querbrücke teil und man findet den frisch entstandenen Balken an seiner oberen Fläche mit einer dünnen Rindenlage bekleidet. Auf Stufe Pl (12 cm SSl.) endigt diese Rindenlage (der Limbus corticalis) mit aufwärts gebogenem Rande, ohne die Mittelebene zu erreichen. Die untere, ausschließlich dem Limbus medullaris angehörige Lamelle der Randlippe liefert das Lager zur Fornixbildung und aus den durch das Zwischenhirn getrennten Strecken des Limbus entwickelt sich der Hippocampus, dessen Bestandteile durchweg denen der Balken und Fornixanlage entsprechen. In übersichtlicher Zusammenstellung bekommen wir folgende Verwendung der einzelnen Strecken des Limbus:

		Oberes Balkengebiet.	Hippocampus.
Limbus corticalis im weiteren Sinne (s. o. S. 81)	Obere Lippe der Bogenfurche	Gyrus cinguli	Gyrus hippocampi
	Bogenfurche	Fissura corpori callosi	Fissura hippocampi
	Rindenschicht der Randlippe	Rindenbelag des Balkens (Indusium griseum und Striae Lancisi)	Gyrus dentatus
Limbus medullaris	Markteil der Randlippe	Balken und Fornix	Fimbria
Taenia		Taenia fornicis	
Lamina chorioidea		Corpus chorioideum	
Lamina infrachorioidea		Lamina affixa	

Ich teile zur Erläuterung obiger Angaben zwei Schemata der Balkenbildung und der Fornixbildung mit (Figg. 84 u. 85, S. 130), außerdem aber den Durchschnitt durch das Gehirn eines Embryos von 8.3 cm SSl. (Fig. 86,

S. 130). Das Schnittbild ist die Pause nach einem Photogramm des Schnittes, dabei sind der leichten Übersicht halber die nebensächlichen Verhältnisse weggelassen, auch ist die helle Randschicht nicht mit eingezeichnet, für deren Verhalten die beiden Schemata zu vergleichen sind.

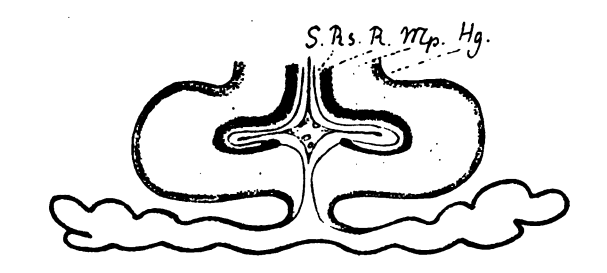


Fig. 84. Schema der Balken- und Fornixbildung laut Text S. 128. *S.* = Hirnsichel, *Rs.* = Randschicht, *R.* = Rindenschicht, *Mp.* = Markplatte, *Hg.* = Höhlengrau. Die Gefäße sind bei dieser und den beiden folgenden Figuren weggelassen.

Im Schema der Balkenbildung (Fig. 84) stellt das Bild die noch unverbundenen, aber in der Mittelebene dicht aneinander gerückten Randlippen dar. Durch deren Verschmelzung entsteht der Balken. Der über der Balkenanlage frei auslaufende Saum der Rindenschicht (die Ammonsformation einiger Autoren) liefert die Stria Lancisi und den übrigen grauen Überzug des Balkens. Die scharf eingeknickte Bogenfurche persistiert als Fissura corporis callosi. In sie treten dünne Fortsetzungen der gefäßführenden Hirnsichel. Unter der Balkenanlage liegen die Taenia, die an der Bildung des Fornix teilnimmt und die Lamina chorioidea.

Das Schema der Hippocampusbildung (Fig. 85) zeigt die im Schema der Balkenbildung dargestellten Zonen in umgekehrter Reihenfolge liegend. Der Limbus corticalis liegt unten, die Lamina chorioidea oben. Die Rindenschicht läuft als Fascia dentata frei aus. Darüber liegt die weiße Platte des Alveus mit der Taenia. In die Fissura hippocampi oder untere Bogenfurche tritt die dünne Randschicht (Randschleier) ein und aus ihr wird das Stratum reticulare Arnoldi.

Der Schnitt (Fig. 86) ist mit Hilfe der beiden Schemata wohl leicht zu verstehen, da an ihm sowohl die Balkenanlage als die Anlage des Hippocampus in einer den Schemata entsprechenden Weise sich darstellen.

Zwischen dem freien Saum der Rinde und dem der Markmasse verläuft am Hippocampus eine Rinne, die, wie dies unten mitgeteilte Schnittphotogramme zeigen (Fig. 92 S. 139 und Fig. 98 S. 144), sehr stark klaffen kann. RETZIUS, der auf die Trennung

Fig. 85. Schema der Hippocampusbildung laut Text S. 128. *Rs.* = Randschicht, *R.* = Rindenschicht, *Mp.* = Markplatte, *Hg.* = Höhlengrau.

dieser Rinne von der Fissura hippocampi hinweist, nennt sie den Sulcus fimbrio-dentatus.[1]) Die obere Fortsetzung der Rinne entspricht der am foetalen Gehirn vorhandenen medianen Unterbrechung des Indusium griseum.

Balkenanlage bei Foetus Cc von 8.3 cm SSl.

Obige etwas summarische Angaben bedürfen einer genaueren Begründung, und ich knüpfe an die an einem Foetus von 8.3 mm SSl. gemachten Be-

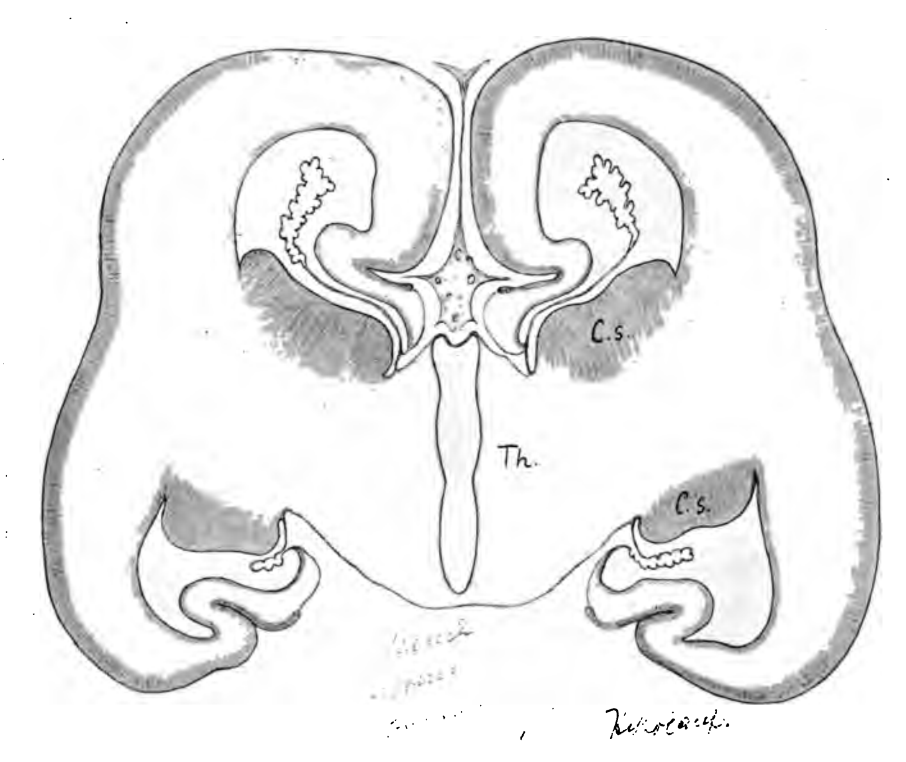


Fig. 86. Durchschnitt durch das Gehirn eines Foetus von 8.3 cm SSl. Nach dem Photogramm des Schnittes gepaust, unter Weglassung aller für das Verständnis von Balken- und Hippocampusbildung unwesentlichen Verhältnisse. *Cs.* = Corpus striatum, *Th.* = Thalamus. (Zu Seite 128.)

obachtungen an. Das allerdings nicht ganz tadellos konservierte Gehirn war in Scheiben von 25 μ zerlegt und von diesen eine größere Anzahl bei sechsfacher Vergrößerung photographiert worden. Nach den Photogrammen

[1]) G. Retzius schildert in seinem fundamentalen Werk über das Menschenhirn S. 82 speziell auch für das Limbusgebiet ein reiches anatomisches Detail, dessen entwicklungsgeschichtliche Ableitung einer Spezialuntersuchung vorbehalten bleiben muß.

und teilweise auf Grund direkter Messungen an den Schnitten sind die in den Figuren dargestellten Konstruktionen entworfen. Dabei habe ich alles weggelassen, wobei postmortale Faltungen im Spiel sein konnten.

Die Konstruktion Figur 87 zeigt die von ihrer Verbindung mit dem Thalamus losgelöst gedachte Hemisphäre. Es sind daran der Limbus und das Ausdehnungsgebiet seiner Blutgefäße dargestellt, die außerhalb des Limbus liegende Fläche ist nicht ausgeführt. Im vorderen Hemisphärengebiet tritt bei diesem Konstruktionsbild die schon von jüngeren

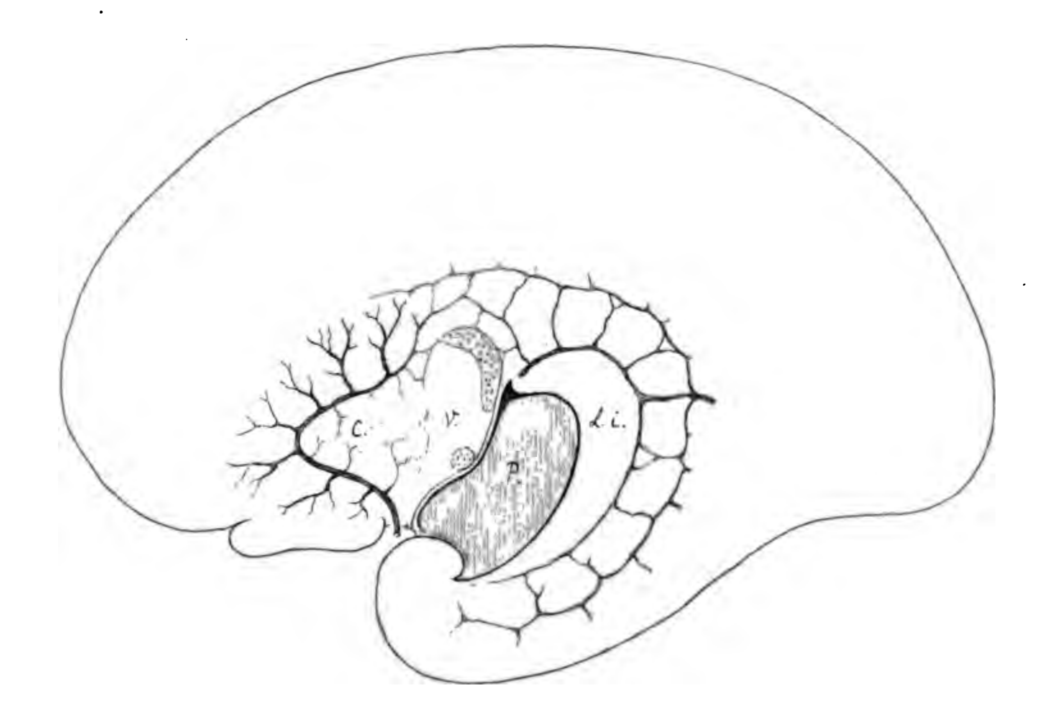


Fig. 87. Konstruktionsbild der medialen Hemisphärenwand von Foetus Ce von 8.3 cm SSl. mit eingezeichneten Blutgefäßen des Limbus. Die Einzelheiten der Verzweigung sind frei dargestellt, dagegen entsprechen die vordere Bogenvene und die Gefäßketten längs der Bogenfurche und längs der Fissura chorioidea dem Verhalten der Schnitte. *C.* = Kontaktfläche, *V.* = Verwachsungsfläche, in deren oberem Abschnitt die Balkenanlage punktiert angegeben ist. *P.* = Schnittfläche des Hemisphärenstiels, *L. i.* = Lamina infrachorioidea.

Stufen her bekannte vordere Bogenvene auffällig hervor. Die beiden Schenkel ihres Bogens bilden einen nach vorn spitzen Winkel, und während die Vene aus dem an der Peripherie des Bogens liegenden Gebiet kräftige Wurzelstämmchen aufnimmt, erhält sie aus dem von ihr umschlossenen Feld nur feine Zuflüsse. Im ganzen läßt nunmehr das vor der Schlußplatte des dritten Ventrikels liegende Feld drei Abteilungen unterscheiden, die wir als freie, als Kontaktfläche und als Verwachsungsgebiet bezeichnen können.

Letztere beiden Abteilungen sind aus der früheren Trapezzone abzuleiten. In der davor gelegenen freien Fläche berühren sich die beiderseitigen Hemisphärenwände nicht unmittelbar, und sie sind durch die Hirnsichel mit ihrer beiderseitigen gefäßreichen Piabekleidung voneinander geschieden.

Im Kontaktbezirk legen sich die Wandungen der Hemisphären flach aneinander an, die Sichel reduziert sich auf eine sehr dünne Platte mit feinen kapillaren Blutgefäßen. Zwischen ihr und der Verschlußplatte liegt ein Feld, innerhalb dessen die beiden Trapezplatten zur Verwachsung gelangt sind. Dies Verwachsungsfeld beginnt unten schmal, verbreitert sich nach oben hin und endigt abgerundet. Seine Gesamtform ist somit eine gekrümmt birnförmige. In seinem an die Schlußplatte anstoßenden Rand liegt die oben besprochene vordere Kommissur. In Figur 87 ist das Verwachsungsfeld weiß ausgespart. Hinter dem oberen Ende des Feldes liegt der Anfang der Fissura chorioidea, deren Fortsetzung nunmehr den Thalamus im Bogen umgreift und bis in die Nähe des Uncus verfolgbar ist. Parallel mit der Fissura chorioidea verläuft die Fissura hippocampi, die untere Fortsetzung der Bogenfurche. Diese Furchen enthalten starke, untereinander in Verbindung stehende Gefäßzüge.

Das Grundgewebe des Verwachsungsbezirkes ist ein kernreiches, engmaschiges Gliagerüst, das von feinen Kapillarlücken durchsetzt wird. Stellenweise erscheint dies Gerüst noch von eingelagerten Fasern frei, im übrigen wird es, abgesehen von der vordern Kommissur, von Faserzügen der Fornixsäulen und von Balkenfasern durchzogen. In Figur 85 habe ich die aus den Schnitten sich ergebenden Faserverteilung eingezeichnet. Vor dem Verwachsungsfeld steigt der mediale Riechstreifen eine Strecke weit in die Höhe und verliert sich dann allmählich in der Hemisphärenwand.

Das der Fornixsäule angehörige Bündel besteht aus groben Faserzügen, die schräg von oben nach abwärts verfolgbar, hinter der vordern Kommissur vorbei in die Masse des Sehhügels eintreten und sich hier, in Büschel zerteilt, verlieren. Das obere Ende des Fornixbündels geht vor den gekreuzten Balkenfasern in die Höhe und läßt sich bis zur Randlippe verfolgen. Ein Teil der Fornixbündel kreuzt sich unter spitzem Winkel mit denen der anderen Seite. Das Verhalten des gesamten Faserzuges und vor allem sein Verhalten zur Balkenanlage zeigt, daß er zum System des Fornix longus gehört, dessen Fasern, den vorhandenen Angaben zufolge, nach abwärts in den Fornixsäulen sich sammeln, während sie nach aufwärts den Balken durchsetzen und großenteils im Gyrus fornicatus sich verlieren.[1]) Dies primäre Fornixbündel entsteht später als die vordere

[1]) Man vergl. KÖLLIKER, Gewebelehre. 1896 6. Aufl. Bd. II S. 779 ff. Nach den auf Degenerationsversuchen basierenden Angaben von BECHTEREW (Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark, deutsch von WEINBERG 2. Aufl. 1899 S. 538 ff.) soll die

Kommissur. Letztere ist schon bei Foetus Doed. vorhanden, vom Fornixbündel ist aber noch keine Spur sichtbar.

Die als Balkenfasern zu deutenden gekreuzten Fasern nehmen den hinteren, oberen Abschnitt des Verwachsungsfeldes ein, sie sind viel feiner als die Fornixfasern und beschreiben flache Bogen. Der Durchschnitt des zur Zeit vorhandenen Balkengebietes bildet einen nach vorn etwas konkaven Bogen. Nach Befunden an median halbierten Gehirnen haben eine Reihe

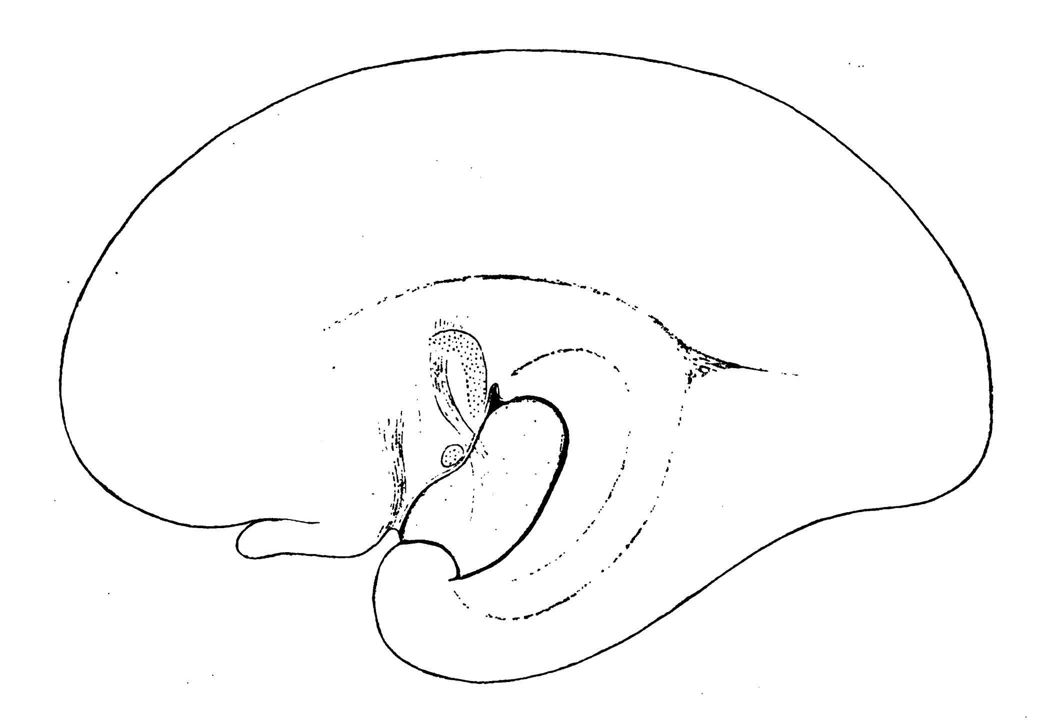


Fig. 88. Dieselbe Hemisphärenwand mit eingezeichneter Anlage des Balkens, der Fornixsäule und des medialen Riechstreifens. Das birnförmige Verwachsungsfeld ist hell ausgespart, die nach vorn konkav gekrümmte Balkenanlage und die Commissura anterior sind punktiert, die Fornixsäule und die Stria olfactoria sind gestreift dargestellt. (Zu Seite 132.)

von Beobachtern (RETZIUS, MARCHAND, GOLDSTEIN) die erste Balkenanlage als eine nach vorn konkave Platte beschrieben. In der Regel ist diese Platte als die Anlage des Gesamtbalkens und der Ort ihres ersten Auf-

Faserbahn im Fornix longus eine absteigende sein und von der Hirnrinde des Schläfenlappens znm Septum pellucidum und zum basalen Opticusganglion hinführen. Die von mir beschriebenen frühfoetalen Faserzüge der Fornixsäulen scheinen, soweit ich verfolgen kann, ihren Ursprung im basalen Teil des Zwischenhirns zu nehmen. Es ist indessen möglich, daß späterhin andere, umgekehrt verlaufende Faserzüge ihnen sich beigesellen.

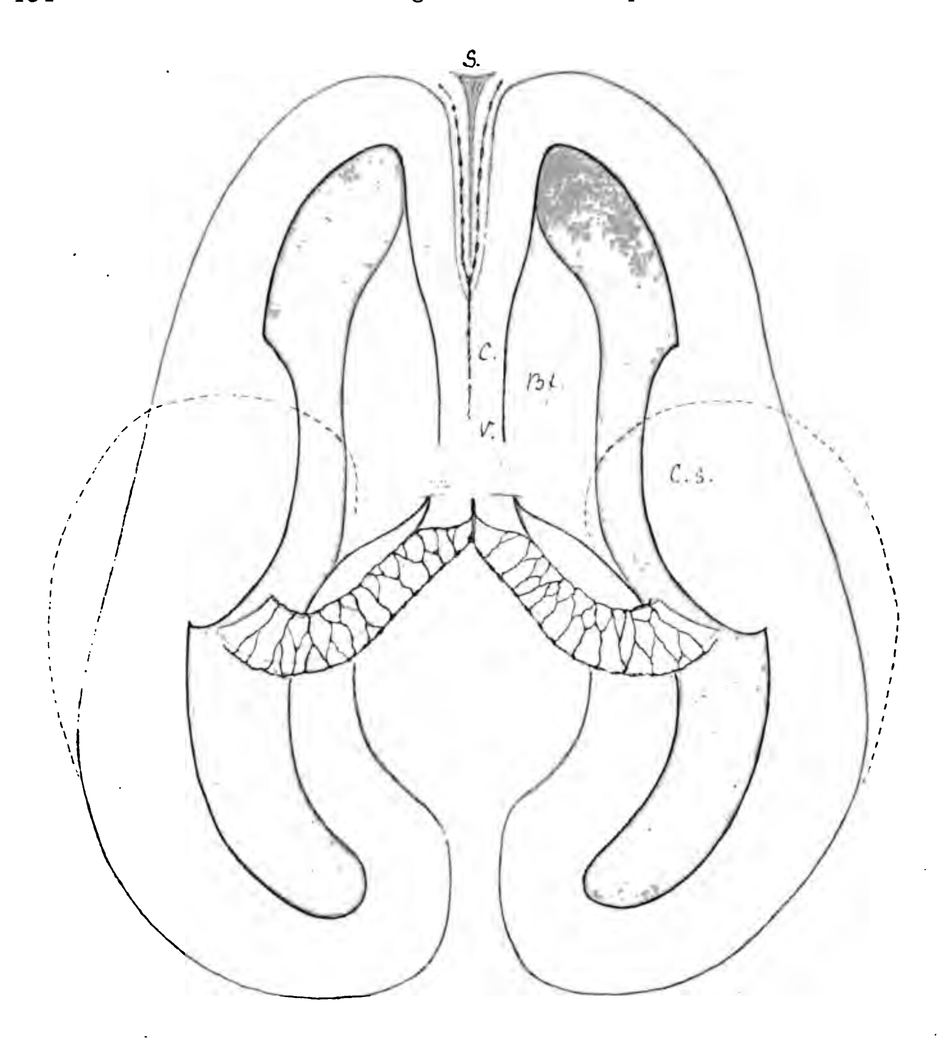


Fig. 89. Flächenkonstruktion der Balkenanlage des Foetus von 8.3 cm SSl. Die Zeichnung ist so entworfen, als ob man von unten her in die eröffneten Ventrikelhöhlen hineinblickte. Das Corpus striatum (*C. s.*) ist nur in seinem obersten Teil gestreift, da seine vollständige Einzeichnung zuviel verdeckt hätte. Dagegen ist der divergierende Abschnitt der Randlippen mit seinem Gefäßbelag eine Strecke weit eingezeichnet. In dem vorderen Abschnitt der Figur sind die Hemisphärenwandungen unterhalb der Bogenfalten durchschnitten gedacht, man sieht daher eine Strecke weit auf die untere Fläche der Falten (*Bf.*). Die medialen Wandungen der beiden Hemisphären sind vorn durch die Hirnsichel (*S.*) und die sie bekleidenden zwei Piaplatten geschieden. Hierauf folgt ein längeres Kontaktgebiet (*C.*) mit dünnem, inneliegenden Gefäßfortsatz und am tiefsten liegend das Verwachsungsfeld (*V.*), in dessen hinterem Abschnitt die Balkenfasern liegen. Hinter der Balkenanlage findet sich ein kurzer Einschnitt mit schmalem Gefäßfortsatz, und dann weichen die beiden Randlippen stark divergierend auseinander. Die queren Balkenfasern reichen eine kurze Strecke weit in die Wand der Bogenfalte hinein, dann biegen sie um und wenden sich, was an der Figur nicht darstellbar war, scheitelwärts.

tretens als der des Balkenkniees gedeutet worden.[1]) Die Frage ist nur durch eingehendes Studium dieser und der späteren Entwicklungsstufen zu

[1]) Die Angabe, daß das Knie der zuerst gebildete Teil des Balkens sei, findet sich schon bei Tiedemann (Anatomie und Bildungsgeschichte des Gehirns 1816 S. 155 ff.).

entscheiden. Um auf der vorliegenden frühen Stufe etwas klarere Anschauungen zu gewinnen, habe ich in Figur 89 die Balkenanlage im Flächenbild konstruiert, dessen Einzelheiten in der beigesetzten Erklärung erläutert sind.

Die Übersicht des Gesamtbildes zeigt die Balkenfasern nur wenig vor einer Ebene liegend, die das Gehirn in eine vordere und eine hintere Hälfte zerlegt. Seitwärts verlängert würden die Fasern mitten durch den Streifenhügel hindurchgehen. Das sind Beziehungen, die für mittlere Abschnitte des Balkenkörpers passen, nicht aber für das Balkenknie. Ebenso ergibt sich aus dem Verhalten der ersten Balkenanlage zu den Fornixsäulen, daß jene nicht am Orte des späteren Balkenknies gelegen ist. Das zuerst gebildete Stück Balken liegt noch hinter den Fornixsäulen, während doch das Balkenknie um die ganze Länge des Septum pellucidum dem letzteren voransteht. Eine obere Verlängerung der Fornixsäulen würde am ausgebildeten Gehirn die Mitte des Balkenkörpers treffen. Die ersten auftretenden Balkenfasern gehören, das läßt sich jetzt schon mit Bestimmtheit aussprechen, dem Mittelgebiet des Balkenkörpers an.

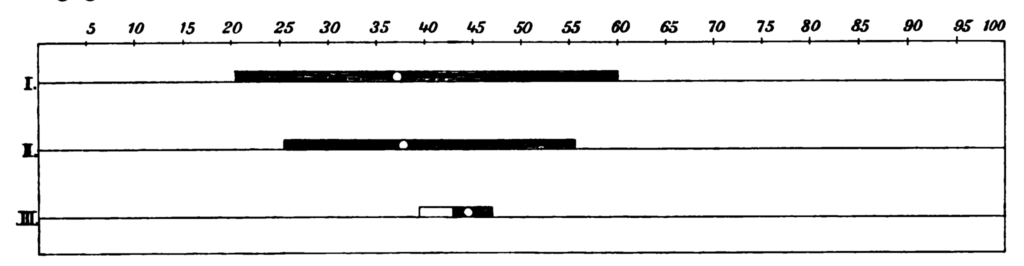
Ein noch genaueres Urteil geben numerische Bestimmungen. Setze ich die Länge der Hemisphäre = 100 und bestimme die proportionale Stellung von Balken und Commissura anterior, so finde ich laut drei Messungen, von denen eine am medianen Gehirnschnitt eines Erwachsenen, die zweite an dem nachher zu besprechenden Foetus Pl (SSl. 12 cm) und die dritte am Foetus Cc von 8.3 cm SSl. vorgenommen sind, folgende Werte:

	I. Erwachsener	II. Foetus Pl 12 cm	III. Foetus Cc 8.3 cm
Gesamtlänge der Hemisphäre	100	100	100
Länge vor dem Balken	20.8	25.6	42
Balkenlänge	39.2	30.8	5
Länge hinter dem Balken	40.0	43.6	53
Ort der vorderen Kommissur	37.42	38	44.7

Anschaulich tritt das Verhältnis der drei Messungen in der folgenden graphischen Darstellung hervor, bei der der Ort des Balkens durch einen schraffierten Strich, der der vorderen Kommissur durch einen kleinen Kreis

sowie bei FRIEDR. ARNOLD (Anatomie des Menschen 1851 Bd. II S. 1232). Nach TIEDEMANN soll der Balken aus den umgebogenen Fasern der Hirnschenkel hervorgehen, wogegen ihn ARNOLD als selbständige Bildung entstehen und nach beiden Seiten hin in die Bogenfurche der Hemisphäre hineinwachsen läßt. Die Abstammung der Balkenfasern aus der Hirnrinde und ihre Durchkreuzung mit den Fasern der Hirnschenkel war von GALL angegeben worden, aber TIEDEMANN bezeichnet die Angabe als bloßes Hirngespinst.

und der der faserfreien Verwachsungsfläche bei III als ein helles Feld angegeben ist.



Bei Pl liegt der Ort der vorderen Kommissur ziemlich genau wie beim Erwachsenen, dagegen reicht der Balken sowohl nach vorn, als nach rückwärts weniger weit und damit stimmt auch das Verhalten der Schnitte, das darauf hinweist, daß bei Pl der Balken nach beiden Richtungen hin noch unabgeschlossen ist. Beim Foetus von 8.3 cm SSl. liegt die vordere Kommissur etwas weiter hinten, als beim Erwachsenen und bei Pl. Das scheint sich darauf zu beziehen, daß die Hinterlappen der Hemisphären noch nicht völlig in ihre Stellung eingerückt sind. Im übrigen ist der proportionale Abstand der vorderen Balkenfasern vom vordern Hemisphärenrand genau noch einmal so lang, als beim Erwachsenen. Hier beträgt er gegen 21, dort volle 42 % der Gesamtlänge.

Die Querschnitte durch das Verwachsungsgebiet der Hemisphären ergeben bei Foetus 8.3 cm SSl. noch weitere Eigentümlichkeiten, die für das Verständnis der Balkenbildung bedeutsam sind (Fig. 90, S. 137). Die obere Fläche des Balkens, bez. der Verbindungsplatte zeigt einen tiefen medianen Einschnitt, in den ein Gefäßfortsatz hineinragt. Die beiderseitigen Streifen von Rindensubstanz treten unter allmählicher Zuschärfung bis an den Rand des Einschnittes, ohne dessen Grund zu erreichen und ohne sich demnach zu berühren. Die Furche schneidet, wie auch das Konstruktionsbild Figur 89 zeigt, nach rückwärts immer tiefer ein, bis es dann schließlich zum Auseinanderweichen der Randlippen kommt. Anfangs bleiben die sich trennenden Randlippen mit ihren konvexen Rändern einander zugekehrt. Ihre oberen Flächen stehen dabei quer, und sie sind fast bis zur Umbiegungsstelle von einer sich zuschärfenden Rindenschicht bekleidet, unter der die Markfaserschicht gegen den Lippenrand sich vordrängt. Beim stärkeren Auseinanderweichen stellen sie sich schräg und gleiten, dem Thalamus anliegend, zu dessen Seitenflächen herab, hier werden sie zur Anlage des Hippocampus.

Balkenanlage bei Foetus Pl von 12 cm SSl.

Ich schließe die Besprechung des Gehirns von Foetus Pl (12 cm SSl.) an, das von Frl. PESCHEL in Celloidinschnitte von 80 μ zerlegt worden

war, und dessen Konstruktionsbilder ich mit Hilfe von fünffach vergrößerten Photogrammen entworfen habe. — Der Balken ist hier in einem großen Teil seiner Länge angelegt und erscheint auf Querschnitt als eine Faserplatte von etwa 0.7 mm Dicke. Die Platte geht aus der, innerhalb der



Fig. 90. Querschnitt durch das Vorderhirn des Foetus Cc (SSl. 8.3 cm). Der Schnitt trifft die vordere Kommissur, die Fornixsäulen und die vorhandene Balkenanlage. (Zu Seite 136.)

medialen Hemisphärenwand steil herabsteigenden inneren Markplatte hervor. Unmittelbar unter dem Höhlengrau liegend, umgreift diese Platte die zur Zeit noch hochgelegene Decke des Ventrikels und sie bildet die unmittelbare Fortsetzung von der in der lateralen Wand gelegenen Markplatte, diese reicht ihrerseits bis zum Rande der inneren Kapsel hin (Figg. 91 u. 92, S. 138 u. 139).

Fortlaufende Faserzüge lassen sich aus der Seitenwand der Hemisphäre in die mediale Wand und von hier in den Balken hinein verfolgen. Den Verlauf dieser Faserzüge habe ich gesucht, in der Konstruktionszeichnung (Fig. 93, S. 140) wiederzugeben. Die Konstruktion zeigt, daß die zum Mittelgebiete des Balkens gehenden Faserzüge schon beim Überschreiten des Ventrikels transversal gerichtet sind, wogegen die von vorn und von hinten her dem Balken zustrebenden Faserzüge schräg verlaufen. Es tritt in dieser Anordnung bereits das bekannte Bild der vorderen und der hinteren Balkenzange zutage.



Fig. 91. Querschnitt durch das Vorderhirn von Foetus Pl. Der Schnitt trifft den Balken und eine Strecke weit die Fornixsäulen, die in ihrem unteren Abschnitt eingerissen sind. Die zwischen den letzteren befindliche Spalte gehört der Außenfläche des Gehirns an, durch Einreißen der vorderen Schlußplatte des dritten Ventrikels hängt sie anscheinend mit diesem zusammen. Die Ausdehnung des dritten Ventrikels am Schnittbild ist an der dunklen Epitheleinfassung leicht zu erkennen. — Corpus striatum, innere Kapsel, Linsenkern und äußere Kapsel sind querdurchschnitten; rechts streift der Schnitt auch das Claustrum, sowie ein Stück der vorderen Kommissur. Unter dem Boden des dritten Ventrikels ist die Hypophysis vom Schnitt getroffen. — Über dem Balken, dessen Seitenwände nach aufwärts sich umbiegen, liegt jederseits eine dünne Platte von Rindensubstanz, das Indusium griseum aut. Die beiderseitigen Rindenplatten treffen aber in der Mittelebene nicht zusammen, sondern sie bleiben durch einen schmalen Zwischenraum voneinander geschieden. (Zu Seite 137.)

Die innere Markschicht der Hemisphärenwand stammt, wie dies oben dargetan wurde, aus den unter dem Höhlengrau sich ansammelnden Nervenfortsätzen von Pyramidenzellen, und so sind auch die in den Balken übergehenden Fasermassen mittelbar aus der Rindenschicht des Gehirns abzuleiten. Die Lagerung dicht an der Ventrikelwand kommt bekanntlich bleibend

der Balkenstrahlung zu, die inneren Markblätter sind aber ihrerseits aus den zuerst angelangten Fortsätzen von Pyramidenzellen hervorgegangen. Es ergibt sich daraus der Schluß, daß die Balkenstrahlung der Hemisphären die erste Produktion der Rindenpyramidenzellen darstellt. Am Ende des vierten Monats ist diese Bildung im wesentlichen vollendet.

Die obere Fläche des Balkens ist bei Pl beiderseits von einem frei auslaufenden, dünnen Streifen von Rindensubstanz nebst bekleidender zellenarmer Randschicht überzogen. Die beiderseitigen Rindenstreifen endigen

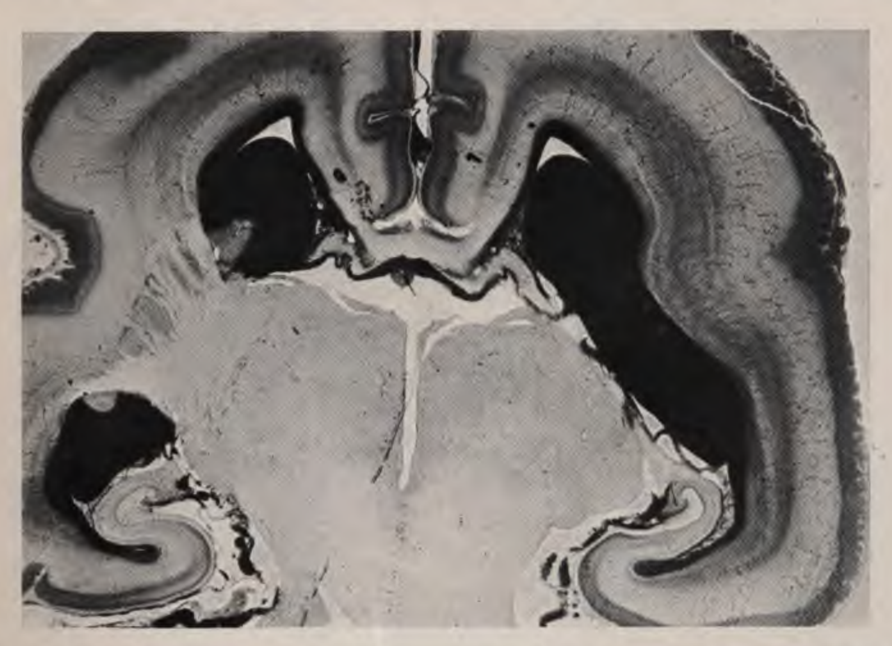


Fig. 92. Foetus Pl. Balken, Fornix und Hippocampus. Der Balken zeigt jederseits einen dünnen Rindenüberzug, der in der Mitte unterbrochen ist. Hinsichtlich der seitlichen Unterbrechung, die auch an den weiter nach rückwärts folgenden Schnitten dieser Reihe sich findet, nehme ich an dass die Zerreißung eine zufällige sei. Sehr gut zeigt die Figur am Hippocampus die Anlage der Substantia reticularis Arnoldi. (Zu Seite 137.)

mit etwas aufgeworfenem Saum, ohne sich in der Mittelebene zu erreichen. Beim Foetus von 8.3 cm SSl. war auf der freien Balkenseite eine schmale Furche vorhanden gewesen, diese ist bei Pl völlig geschwunden, und die beiden dem Balken aufliegenden Streifen von Rindensubstanz verlaufen in derselben Flucht.

So wie der Balken bei Pl vorliegt, ist zwar der größte Teil seiner Länge angelegt, aber weder das vordere, noch das hintere Ende sind abgeschlossen. Schon die Flächenkonstruktion (Fig. 93) weist darauf hin, da an ihr vorn sowohl, als hinten ein scharfer Einschnitt vorhanden ist, gegen den von den Seiten her Fasermassen vordringen. Ebenso spricht dafür das Ver-

halten der Querschnitte. Am allervordersten Ende des geschlossenen Balkens erkennt man zwischen den beiden Hälften noch deutlich die Trennungslinie

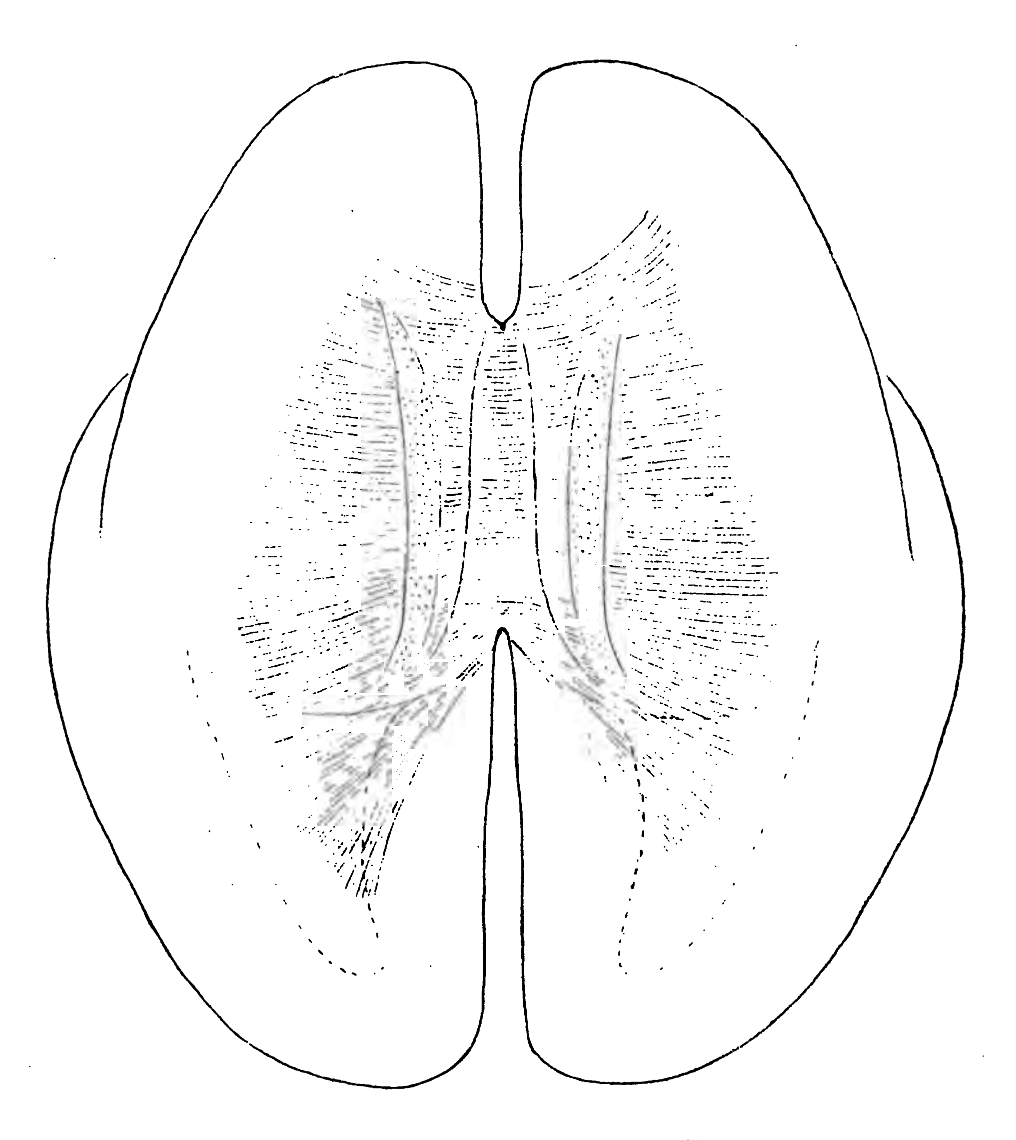


Fig. 93. Konstruktionsbild für die Balkenanlage von Foetus Pl (12 cm SSl.). Der freiliegende Teil des Balkens nimmt das quergestreifte mittlere, von vorn nach rückwärts etwas sich verbreiternde Feld ein. Der seitlich davon liegende gefaserte und der punktierte Streifen gehören der medialen Wand an; im ersteren verlaufen die Fasern schräg ansteigend, im letzteren steil. Jenseits vom punktierten Streifen ist die Ausbreitung der den Ventrikel überschreitenden Fasern angegeben. Die punktierte Linie in der hinteren Hirnhälfte gibt die Ausdehnung vom Hinterhorn des Seitenventrikels an, die Bogenlinie den Verlauf des Hippocampus. (Zu Seite 138.)

(Fig. 96, S. 143). Unmittelbar davor folgen einige Schnitte, in denen sich Querfasern der beiderseitigen Hemisphärenwände bis dicht unter die Ober-

fläche entgegentreten, ohne indessen diese zu durchbrechen (Fig. 97, S. 143). Mit zunehmender Entfernung vom geschlossenen Balken wächst der Abstand zwischen den sich zugekehrten Faserstümpfen, und weiterhin verlieren sie sich als besondere Vortreibung der Markschicht.

In dem vorderen Balkengebiet, einschließlich der eben beschriebenen unverwachsenen Strecke, treten zu den von oben herabsteigenden Fasermassen

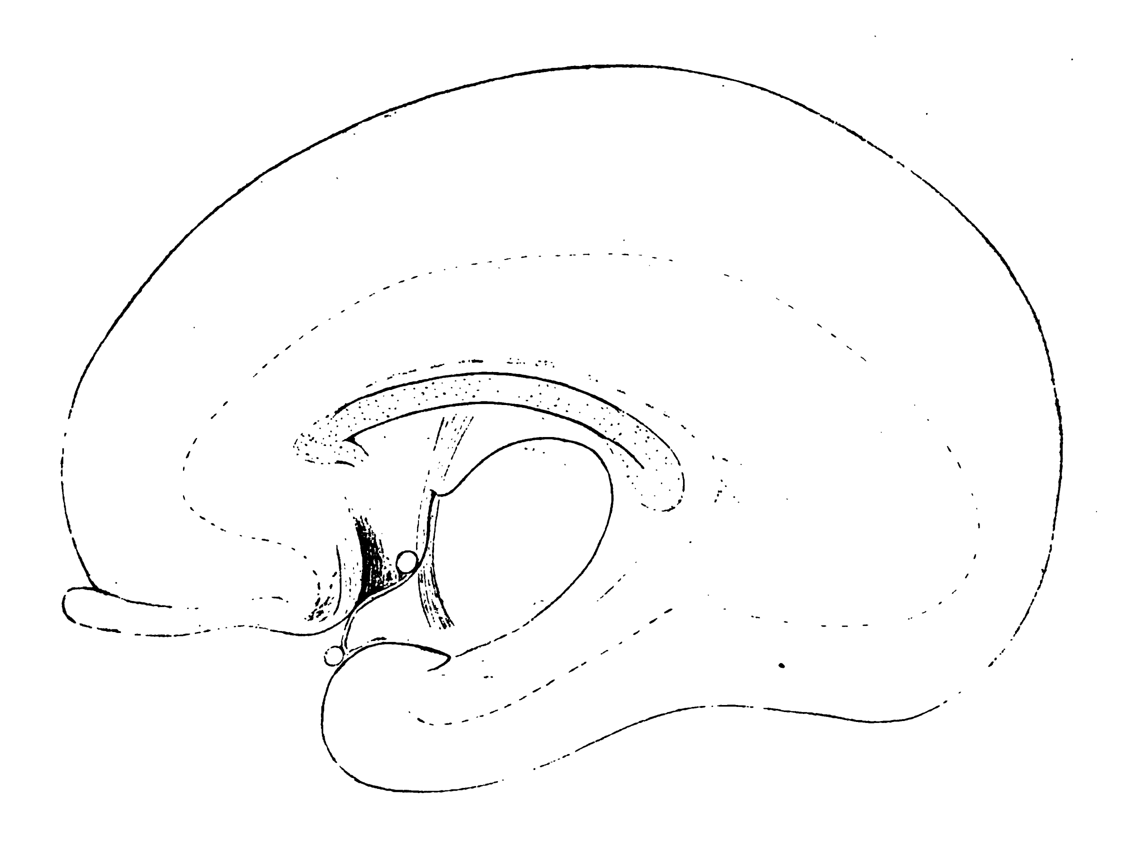


Fig. 94. Konstruktionsbild der medialen Hemisphärenwand von Foetus Pl zur Erläuterung der Balkenbildung. Der ausgebildete Teil des Balkens ist punktiert und hell dargestellt, das noch unfertige Stück des Balkenknies und der Balkenwulst sind dagegen abgetont; ebenso ist die Fläche des Septum pellucidum leicht schraffiert. Vor der Fissura prima, die hinter dem Trigonum olfactorium in die Höhe steigt, liegt der mediale Riechstreifen. Vor der Schlußplatte des dritten Ventrikels liegt unten das Chiasma opticum, weiter oben die Commissura anterior, letztere wird von dem aufsteigenden Bündel des Fornix gestreift, das die Balkenanlage etwas vor ihrer Mitte kreuzt. Der Fornixkörper ist hell ausgespart, nach rückwärts sieht man seinen Übergang in die Fimbria. Die Bogenfurche, die Fissura calcarina und Fissura hippocampi sind nur leicht angedeutet. Die Ausdehnung des Seitenventrikels ist durch eine punktierte Linie angegeben, die vorn in das Trigonum olfactorium herabreicht. (Zu Seite 142.)

solche, die schräg von unten nach oben hin emportreten (Fig. 95, S. 142). Sie bilden die Anlage des Balkenknies. Nach der Seite hin breiten sich diese Faserzüge fächerförmig aus und sie hören dann scharf abgeschnitten auf. Das von ihnen eingenommene Feld besitzt nur geringe Höhe und es

ist daraus zu erschließen, daß die Fasern aus weiter nach vorn liegenden Bezirken stammen, bez. in solche eintreten. Ein klares Urteil über das Balkengebiet und die an dasselbe herantretenden Fasermassen ergibt die Konstruktion des Mittelschnittes. Figur 94, S. 141, zeigt eine solche Konstruktion bei fünffacher Vergrößerung. Die Querfasern, die, ohne sich zu treffen, nach der Mittelebene zu frei auslaufen, sind etwas getont dargestellt, sie bilden unverkennbar die noch ungeschlossene Spitze des Balkenknies. Der Balkenkörper ist an seiner untern Fläche von einer dünnen Gefäß-

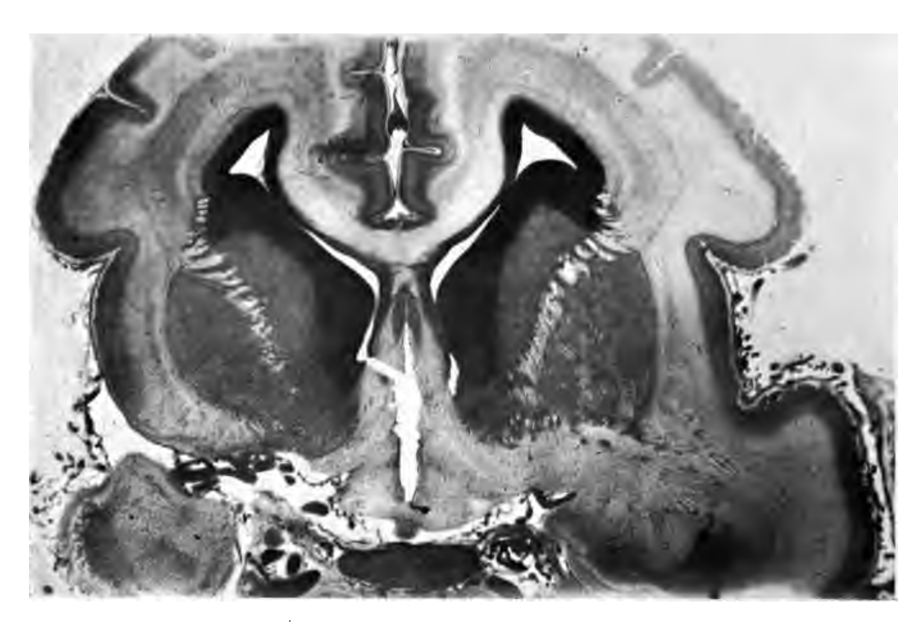


Fig. 95. Durchschnitt durch das vordere Balkenende von Foetus Pl. Unter der Platte, die ihren Faserzuzug von oben herab bekommt, liegt eine niedrigere von der oberen getrennte Platte, deren Fasern schräg von unten her ansteigen. Der Schnitt zeigt, außer verschiedenen, schon bei Figur 91 besprochenen Verhältnissen, auf der linken Seite den von unten her emporsteigenden medialen Riechstreifen. (Zu Seiie 141.)

schicht begleitet, die im Winkel des Knies endigt (an der Zeichnung weggelassen).

Ein aus Querfasern gebildetes Rostrum fehlt in der gesamten Strecke vom Knie bis zur vorderen Kommissur. Die dem späteren Ventriculus septi pellucidi entsprechende Spalte ist daher nach vorn hin nicht abgeschlossen. Im übrigen ist sie sehr eng, zwischen ihre einander flach anliegenden Wandungen schieben sich dünne Blutgefäße ein. Die aus den Trapezplatten hervorgegangenen Wände der Spalte sind dick (an den dünnsten Stellen etwa 0.5 mm) und an ihrem Randteil etwas aufgetrieben. Eine Rindenschicht fehlt. —



Fig. 96. Schnitt durch das allervorderste geschlossene Ende des Balkens. Zwischen den beiden Seitenhälften ist noch eine Trennungszone deutlich erkennbar als ein schmales helles Zwischenfeld, den verschmolzenen Randschleiergebieten entsprechend. Dies Verwachsungsfeld steht etwas asymmetrisch, nach der einen Seite hinübergedrängt. (Zu Seite 140.)

Hinter der vordern Kommissur findet sich ein derbes Faserbündel, das sich nach abwärts im Sehhügel verliert. Das Bündel streift als Fornixsäule



Fig. 97. Schnitt durch die Hemisphären von Embryo Pl dicht vor dem bereits geschlossenen Balken. Von beiden Seiten her treten Querfaserplatten bis dicht unter die Oberfläche. Hier sind sie noch durch einen schmalen Spalt und durch die beiderseitigen dünnen Randschleierschichten voneinander geschieden. (Zu Seite 141.)

eine Strecke weit die Wand des dritten Ventrikels, geht aber weiterhin nicht in den Rand des Fornixkörpers über, sondern es steigt steil in die Höhe und strebt mit seinem oberen Ende dem Balken zu. Das Bündel gehört, wie schon oben erörtert wurde, dem primären System des Fornix longus an.

Für die Beurteilung des Balkenwachstums gewährt das primäre Fornixbündel, einem Uhrzeiger vergleichbar, entscheidende Anhaltspunkte. Beim Foetus von 8.3 cm SSl. war es bereits angelegt, und die bei diesem vorhandenen Balkenfasern lagen hinter und teilweise über ihm. Bei Pl wird

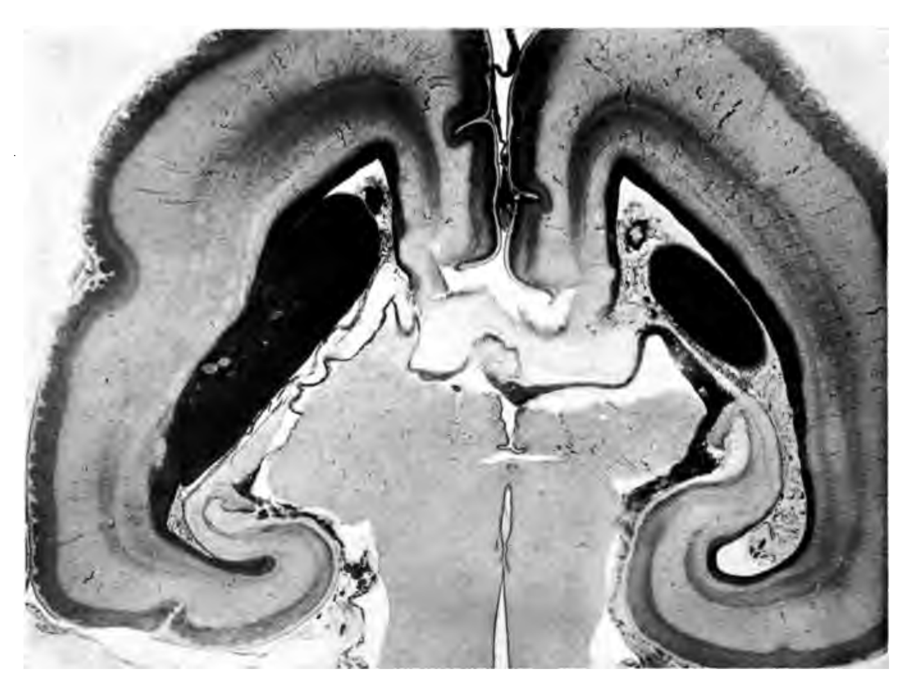


Fig. 98. Querschnitt durch die Balkenanlage von Foetus Pl am hinteren Ende. Beiderseits ist auch der Hippocampus vom Schnitte getroffen und die von da zur unteren Balkenfläche heraufsteigende Fimbria. (Zu Seite 145.)

der vorhandene Balken durch die verlängerten Fornixbündel nahezu halbiert, und es geht daraus mit größter Schärfe hervor, daß sich die vor dem Bündel liegende Hälfte des Balkens frontalwärts von den zuerst vorhandenen Mittelfasern neu entwickelt hat. Die Annahme bisheriger Forscher, daß die erste Balkenanlage den Ort des späteren Balkenknies bezeichne, muß als unhaltbar verlassen werden.

Das Konstruktionsbild Figur 94 läßt, obwohl das Balkenknie noch unvollendet und das Rostrum noch nicht vorhanden ist, über die endgültige Ausdehnung des Balkengebiets keinen Zweifel. Das Rostrum muß, wenn es sich bildet, den Weg von dem bei Pl vorhandenen Stumpf des Balkenknies nach der Commissura anterior hinab einschlagen. An Figur 94 ist dieser Weg durch einen hell ausgesparten Streifen angegeben. Vergleicht

man Figur 94 mit Figur 87 (S. 131), so zeigt sich an der letzteren das von der Bogenvene umschlossene, nach vorn spitz auslaufende Gebiet der Trapezplatte unverkennbar als eben das Feld, das in der Folge vom Balkenschnabel umgrenzt werden soll. Gegenüber den Verhältnissen früherer Stufen vom zweiten bis dritten Monat hat das Gebiet an Tiefe gewonnen und seine vordere Abgrenzung hat sich nunmehr zu einem Winkel zugeschärft.

Wie nach vorn, so ist der Balken bei Pl auch nach rückwärts noch nicht als abgeschlossen anzusehen. Ein anfangs enger, weiterhin aber rasch



Fig. 99. Schnitt unmittelbar hinter dem vorigen. Die beiderseitigen Balkenanlagen sind in der Mitte voneinander getrennt. Der Streifenhügel ist links in größerer Ausdehnung getroffen, rechts nur an seinem hintersten Ende. Bei dieser und bei der vorigen Figur ist die dünne zum Balken herabtretende Schicht von Rindensubstanz eine Strecke weit eingerissen.

sich öffnender Schlitz schneidet auch hier zwischen beiden Seitenhälften ein. Der Balken zerfällt dadurch in zwei frei hervortretende Hälften, die als Abkömmlinge der auf früherer Stufe vorhandenen Randlippen zu verstehen sind. Jede der beiden Lippen besteht nunmehr der Hauptsache nach aus einer Fortsetzung der innern Markplatte. Die übrigen Schichten der Hemisphärenwand hören über der Bogenfurche, der nunmehrigen F i s s u r a c o r p o r i s c a l l o s i, wie abgeschnitten auf, nur eine sehr dünne Fortsetzung der Rindenschicht überzieht noch die obere Fläche der beiden Lippen. An meinen Schnitten zeigt sich der Rindenüberzug am Grunde der Fissur auf kurze Strecke unterbrochen, dies ist indessen als ein zufälliges Vorkommnis anzusehen (Figg. 98 u. 99).

Unter den Randlippen des Balkenwulstes verläuft die gefäßreiche Tela chorioidea, und lateralwärts schließen sich ihnen die Anlagen der Fornixschenkel und der Fimbria an. An dem aus der Fortsetzung der Randlippen hervorgehenden Hippocampus ist die räumliche Reihenfolge der Schichten dieselbe wie in den Randlippen der Balkenanlage (Fig. 98); ihre relative Mächtigkeit ist aber eine etwas andere. Auch hier tritt eine Fortsetzung der innern Markplatte, als Tapetum, am Umbiegungsrand der Lippe frei hervor, sie setzt sich in die Fimbria hippocampi fort. Die übrigen Wandschichten verjüngen sich gleichmäßiger als oben und gehen in den umgebogenen Teil der Lippe über, durch einen Einschnitt, den Sulcus fimbriodentatus von RETZIUS, von der Fimbria sich ablösend. Sie endigen in der Fascia dentata. Im umgelegten Teil der Hippocampuslippe ist die sonst so unbedeutende Randschicht verdickt und sie liefert das Lager für die Substantia reticularis Arnoldi (s. Fig. 92, S. 139).

Das hintere Balkenende und die ihm sich anschließenden, noch über dem Thalamus liegenden Strecken der Randlippen nehmen nicht nur von oben, sondern auch von unten her Fasermassen auf. Letztere entwickeln sich zunächst aus der innern Markplatte des Hippocampus, dem Tapetum des Unterhorns, und sie verlaufen zum Teil in der frei hervortretenden Fimbria. Folgt man den Schnitten nach abwärts und nach rückwärts, so ist unschwer zu erkennen, daß die Faserzüge, unter dem Boden des Ventrikels durch, aus der lateralen in die mediale Wand übertreten. Im Hinterhorn halbieren sich die Faserzüge der lateralen Wand, indem ein Teil derselben um die Decke, ein anderer um den Boden des Ventrikels herumgeht. Die beiderlei Züge treffen in der medialen Wand auf eine gemeinsame dicke Faserplatte, in deren Nähe sie ihre Verlaufsrichtung ändern. Die gegen den Ventrikel sich vordrängende Faserplatte ist nach ihrer Lage als Calcar avis zu bezeichnen. Aus den von unten her kommenden Fasermassen des absteigenden und des Hinterhorns bilden sich die umgeschlagene Lamelle des Splenium c. callosi und die Commissura hippocampi (Psalterium). Die dem Splenium zugehörigen Fasermassen sind der gegebenen Darstellung zufolge sämtlich schon angelegt, aber noch ist das Splenium in der Mittelebene nicht geschlossen. In der Konstruktionsfigur (Fig. 94, S. 141) ist seine ungefähre Ausdehnung, die eher zu kurz als zu lang bemessen ist, schattiert angegeben. Dabei muß ich bemerken, daß ich bei der etwas unsymmetrischen Stellung, die die Randlippen an dem Präparate zeigten, ein mittleres Verhalten eingezeichnet habe. Dies hintere Ende der Balkenkonstruktion ist somit approximativ, das vordere Ende dagegen genau eingetragen.

Der als Calcar avis über die innere Ventrikelfläche hervortretende Faserwulst ist, im Gegensatz zu andern Strecken der Ventrikelfläche, von einer nur sehr dünnen Ependymschicht überzogen. Ein als Matrix in Betracht kommendes Höhlengrau ist kaum noch in Spuren vorhanden.

Von weiter fortgeschrittenen Stufen steht mir die Schnittreihe eines Foetus von 16 cm SSl. zur Verfügung. Ich habe die Reihe zwar wiederholt durchkonstruiert, will indessen hier nicht auf die gefundenen Einzelnheiten eingehen, da infolge ungünstiger Schnittrichtung die Ergebnisse denen vom Foetus Pl an Schärfe nachstehen. Auch auf dieser Entwicklungsstufe ist die Balkenbildung noch nicht abgeschlossen, insbesondere fehlt auch hier noch ein Rostrum, und der Ventriculus septi pellucidi klafft nach vorn hin (Fig. 79 S. 116).

Sehr bemerkenswert ist die Umschließung von Balken und Fornix mit reichen Gefäßgeflechten. Die primäre Hirnsichel läuft über dem Balkenkörper, ähnlich wie auf früheren Stufen im Bereich der Fissura prima, in drei blattartige, gefäßreiche Fortsätze aus, von denen die beiden seitlichen in die Fissura corporis callosi eindringen, während die mittlere einer medianen Furche folgt, die von hinten und von oben her in die Balkenoberfläche scharf einschneidet. Die Seitenwand der Furche wird von starken Zügen von Längsfasern gebildet, die die Lage der Querfaserzüge überdecken.

Eine zweite stark ausgebildete Gefäßschicht findet sich unter dem Fornix als die anatomisch wohl bekannte Tela chorioidea. Allein auch der Raum zwischen Balken und Fornix, bez. der VERGAschen Ventrikel ist von Blutergüssen eingenommen, deren Quellen in Gefäßen zu suchen sind, die von hinten her, unter dem Balkenrand weg und von vorn durch die noch klaffende Ventrikellücke an Ort und Stelle gelangen.

Ein besonderes Interesse beanspruchen beim Balken die Randstellen, deren Verwachsungs- und Trennungsbereich aneinanderstoßen. Der Anschluß pflegt hier durch Übergänge vermittelt zu sein. Zunächst schiebt sich eine dünne, gefäßhaltige Haut zwischen die beiden bis zur Berührung aneinander gerückten Gewebsplatten. Weiterhin wird die zusammenhängende Haut durch Ketten von geschlängelten Gefäßen ersetzt, und schließlich stellen sich diese Gefäße als die naturgemäßen Gefäße der Gehirnsubstanz dar. Es kommt also nicht zu einer absoluten Zurückbildung der Piagefäße, sondern zu einer mehr oder minder weitgreifenden Reduktion, wobei Reste des ursprünglichen Systems als Organgefäße persistieren.

Literarische Bemerkungen zur Frage der Kommissurenbildung.

Die Literatur der Fornix- und Balkenbildung ist in neuerer Zeit wiederholt zusammengestellt worden, zuletzt und ziemlich eingehend von F. MARCHAND,[1] sowie von E. ZUCKERKANDL.[2] Es kann sich für mich nicht darum

[1] MARCHAND, Über die Entwicklung des Balkens im menschlichen Gehirn. Archiv f. mikr. Anat. 1891 Bd. XXXVII S. 298 ff.

[2] ZUCKERKANDL, Zur Entwicklung des Balkens und des Gewölbes. Sitzungsber. der Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, Math.-naturw. Klasse Bd. CX. III. Oktober 1901.

handeln, die verschiedenen ausgesprochenen Angaben von neuem aufzuzählen, wohl aber lohnt sich der Versuch, klarzulegen, wie die so verschiedenartigen Auffassungen des Prozesses haben Platz greifen können. In der Hinsicht hat E. ZUCKERKANDL einen Satz ausgesprochen, dem ich völlig beistimme. Er sagt nämlich: „Die Erfolglosigkeit der bisherigen Bemühungen, die Balkenfrage zu lösen, ist nicht so sehr der Schwierigkeit des Problems, als der ungeeigneten Methode der Untersuchung zuzuschreiben. Makroskopische Untersuchungen, wie sie vielfach angestellt wurden, um die Kommissurenbildung zu erforschen, können zu einem befriedigenden Resultate nicht führen, denn es kommen Details in Betracht, die nur mit dem Mikroskop wahrzunehmen sind.“ Auch schließe ich mich an ZUCKERKANDL in der besonderen Würdigung der Arbeiten von v. MIHALKOVICS an, und ich möchte speziell hervorheben, wie dieser Forscher die von so manchen andern Beobachtern in Abrede gestellte Rückbildung der gefäßführenden Hirnsichel im Verwachsungsgebiet klar erkannt und beschrieben hat. [1])

Es ist hervorzuheben, daß die Forscher, die ihre Studien unter Benutzung von queren Gehirnschnitten durchgeführt haben, im allgemeinen, sowohl für die Lehre von der Verwachsung der beiderseitigen Hemisphärenwandungen, als für eine successive, durch Apposition erfolgende Balkenbildung eingetreten sind (so MIHALKOVICS beim Foetus des Kaninchens, BLUMENAU bei dem des Schweins, ZUCKERKANDL bei dem der Ratte). Die Meinung von einer simultanen Anlage des gesamten Balken und einem Intussusceptionswachstum desselben, die schon REICHERT, F. SCHMIDT und KÖLLIKER vertreten hatten, findet sich unter den Neuern besonders bei solchen Autoren, die ihrer Darstellung vorwiegend das Bild des Medianschnittes zugrunde gelegt haben, so bei MARCHAND, bei G. RETZIUS und neuerdings bei GOLDSTEIN.

Mehrfach ist in bisherigen Darstellungen von Verdickungen der Lamina terminalis oder der Schlußplatte die Rede und es wird diesen in der einen

Von sonstigen neueren Autoren über Balkenbildung sind anzuführen:

BLUMENAU, Zur Entwicklungsgeschichte und feinen Anatomie des Hirnbalkens. Arch. f. mikr. Anat. 1891 S. 1 ff.

G. RETZIUS, Das Menschenhirn. Stockholm 1896. Das Kapitel über den Randbogen und die ihn umgebenden Teile S. 5 ff.

PAUL MARTIN, Bogenfurche und Balkenentwicklung bei der Katze. Züricher Inauguraldiss., Jena 1894.

GOLDSTEIN, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des menschlichen Gehirns. HIS' Archiv 1903 S. 29 ff.

ELLIOT SMITH, The relation of the Fornix to the margin of the cerebral Cortex. Journal of Anatomy and Physiology Vol. XXXII 1897 und Morphology of the true „limbic lobe“, corpus callosum, septum pellucidum and fornix. Ibid. Vol. XXX 1895.

[1]) v. MIHALKOVICS, Die Entwicklung des Gehirnbalkens und des Gewölbes. Zentralblatt f. d. med. Wissensch. 1876 No. 19 und Entwicklungsgeschichte des Gehirns (Leipzig 1876) S. 120 ff. u. 166.

oder andern Weise eine Rolle bei der Bildung der Kommissuren zugeschrieben (so bei MARCHAND, bei MARTIN und bei ELLIOT SMITH). Die Vorstellung von Verdickungen der Schlußplatte halte ich für unzutreffend, sie hält vor dem Studium der Durchschnitte nicht Stich. Die Schlußplatte, bez. die aus ihr hervorgehende Lamina terminalis ist eine quergestellte, ausschließlich aus epenmdymalen Elementen bestehende Schicht, die ihre Selbständigkeit noch auf späteren Stufen, nach Bildung der vorderen Kommissur und der ersten Balkenanlage erkennen läßt (s. o. S. 125). Sie bleibt dünn, und das was irrtümlicherweise als Verdickung der Schlußplatte gedeutet worden ist, das sind die Verwachsungsflächen der sagittal gestellten Trapezplatten. Es geht, wie oben gezeigt wurde, dem Durchtritt der ihren Seitenabschnitten angelegten vorderen Kommissur die Verwachsung der beiderseitigen Trapezplatten bez. ihres Gliagerüstes voraus. Auch bei der Balkenbildung treffen zunächst die beiderseitigen dünnen Randschleier der Glia zusammen, ehe es zu einem Austausch der dahinter aufgehäuften Fasermassen kommt.[1])

---

[1]) Ähnlich lautet die Angabe von ZUCKERKANDL (l. c. S. 53): „Stets sind die primären Verbindungen mit den Großhirnhemisphären aus Zellen aufgebaut. An keiner Stelle konnte beobachtet werden, daß die symmetrischen Fasersystemhälften der Hemisphären direkt miteinander verwachsen wären; immer wachsen diese in vorher entstandene Zellkommissuren hinein.“

Über intramedullare Faserbahnen und die Zeit ihres ersten Auftretens.

Die Reihenfolge der Entwicklung intramedullarer Bahnen.

Die aus den Neuroblasten der nervösen Zentralorgane hervorwachsenden Fasern können sich zwischen den vorhandenen grauen Massen, dem Gliagerüst und den Nervenzellen mehr diffus ausbreiten, oder sie können sich zu kompakten Strängen sammeln. Die ersten Stranganlagen erscheinen mit unbedeutenden Anfängen gegen Ende des ersten Monats. Im Rückenmark haben sich zu der Zeit angelegt: die Vorderstränge, die Vorderseitenstränge, die Hinterstränge und die vordere Kommissur. Im Gehin erscheinen als die getrennten Vertreter von sensiblen Hintersträngen der Fasciculus solitarius und der Fasciculus Trigemini. Außerdem sind hier die basalen aus dem Vorderhirn ins Mittelhirn übertretenden Faserbündelchen zu erwähnen. Diese verschiedenen Stranganlagen stimmen darin überein, daß sie dicht unter der Außenfläche des Markes in den zuvor freien Lückenräumen des Randschleiers sich ansammeln.

Von der fünften Woche ab nehmen alle diese Bildungen an Mächtigkeit zu. Auch erfolgt von der Zeit ab im Gehirn eine Zunahme der neuroblastenführenden Mantelschicht, sowohl nach Dicke, als nach Flächenausdehnung. Die Ausbreitung der Schichten schreitet scheitelwärts und rostralwärts fort. Bald zeigt sich das gesamte Thalamushirn, abgesehen von einem schmalen oberen Streifen, von einer neuroblastenführenden Gewebsschicht umkleidet. Eine ähnliche, aber erheblich langsamer sich ausbreitende Schicht tritt späterhin in der Seitenwand der Hemisphären auf und schreitet hier von der Basis aus scheitelwärts vor.

Mit der Zunahme der Mantelschicht verwickelt sich auch die Anordnung der von den Neuroblasten ausgehenden Faserzüge. Soviel läßt sich immerhin noch erkennen, daß die der dorsalen Wandhälfte entstammenden Fasern der verschiedenen Gehirnabschnitte vorwiegend in basalwärts gerichteten Bogenlinien verlaufen, wogegen im basalen Teil der Mantelschicht ein vom

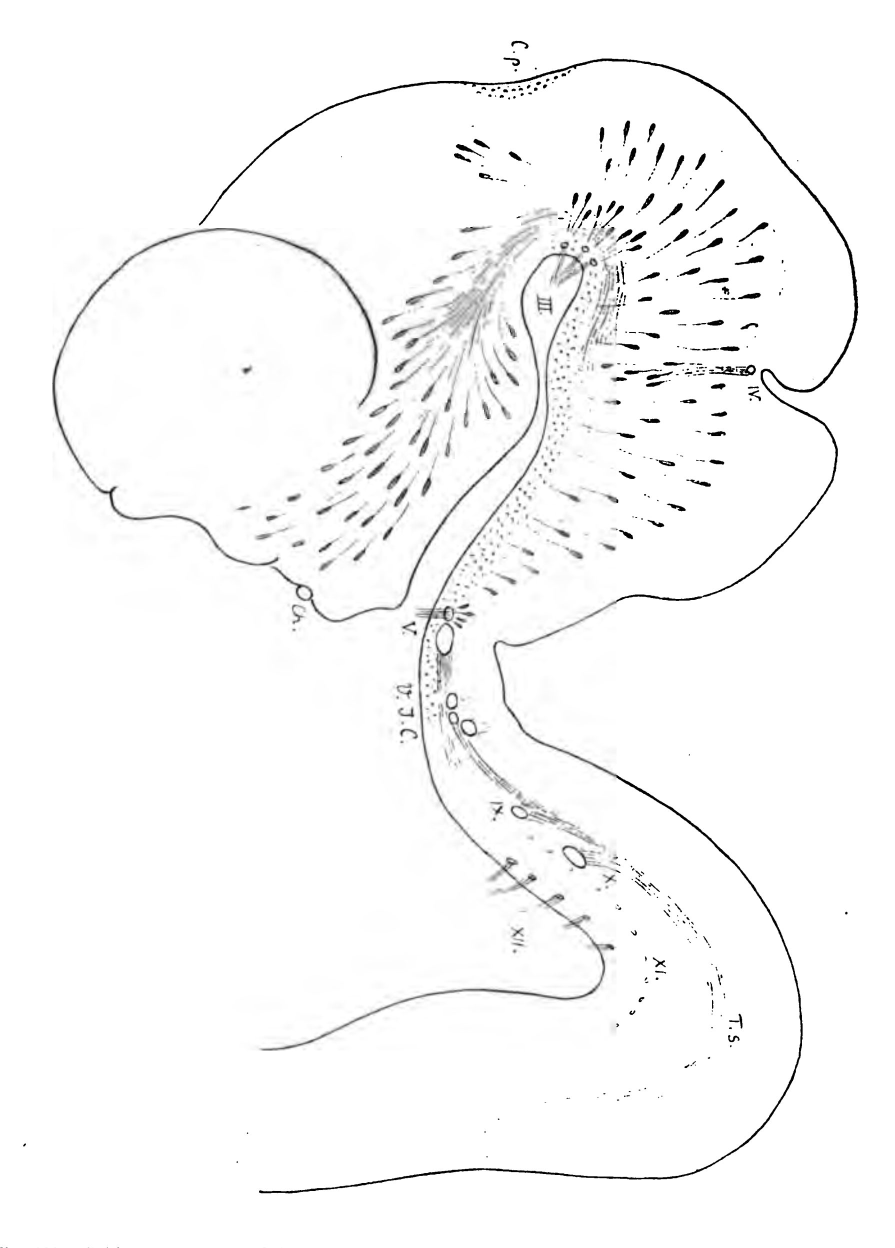


Fig. 100. Gehirn von Embryo Sch. Vergr. 20fach. Konstruktionsbild. Die Ausdehnung der Mantelschicht ist durch Schraffierung eingetragen und, soweit erkennbar, sind auch die Verlaufsrichtungen der Neuroblasten angegeben: *C. p.* = Commissura posterior, *Ch.* = Chiasma opticum, *III.* N. oculomotorius, *IV.* N. trochlearis, *V.* N. trigeminus, *V.* = N. vestibuli, *I.* = N. intermedius, *C.* = N. cochleae, *IX.* Durchtrittsstelle des N. glossopharyngeus, *X.* Durchtrittsstelle des sensiblen N. vagus, *XI.* Durchtrittsstellen des N. accessorius und *XII.* des N. hypoglossus. Der N. abducens und der motorische Teil des N. facialis sind nicht eingezeichnet. Auch sind in der unteren Hälfte des Rautenhirns die Neuroblasten sowie die Ausdehnung der Mantelschicht nicht angegeben, wohl aber der Fasciculus solitarius (*T. s.*) und der Anfang des Tractus spinalis N. trigemini. Im Bereiche des Vorderhirns zeigt die Zeichnung einen basalen Zug von Neuroblasten und Fasern, die gegen den Boden des Mittelhirns konvergieren. Diesem Zug schließt sich basalwärts der Tractus tegmentomamillaris an. Das gekrümmte, am Boden des Mittelhirns verlaufende Längsbündel entspricht zum Teil dem medialen Längsbündel. Die Mantelschicht reicht noch nicht bis zur Decke vom Mittelhirn und Thalamus hin und ihre Ablösung innerhalb der Hemisphären hat noch nicht begonnen. Dagegen ist bereits eine Commissura posterior angelegt. (Zu Seite 152.)

Riechhirn bis zum Mittelhirn verfolgbarer Zug von Längsfasern, ein Tractus hypothalamicus auftritt, der sich den schon früher angelegten Längsbündeln anschließt, und dem sich auch starke Zuschüsse aus der Wand des Mamillarkörpers beigesellen.

Zum Vergleich mit der S. 43 mitgeteilten Figur 23 gebe ich Figur 100, S. 151, die Zeichnung vom Gehirn eines Embryo vom Beginn der sechsten Woche (Sch, Nl. 13.8 mm), in der die Ausbreitung der Mantelschicht und, soweit wie möglich, auch die Anordnung der Neuroblasten konstruktiv eingetragen sind. Ein von Neuroblasten freier Saum zieht sich längs der dorsalen Seite des Hinterhirns, des Mittelhirns und des Zwischenhirns. An zwei Stellen wird dieser Saum überbrückt, am Isthmus durch die gekreuzten Bündel des N. trochlearis und am Hals des Zwischenhirns durch die früh vorhandene hintere Kommissur. Die Großhirnhemisphären sind zu der Zeit in ihrer Entwicklung noch sehr zurück. In der spinalen Hälfte des Rautenhirns ist der Fasciculus solitarius nunmehr zu voller Länge ausgewachsen, der Fasciculus spinalis Trigemini gegen früher bedeutend verlängert. Beide Gebilde waren bei Br 3 (Fig. 23, S. 43) nur in ihren ersten Anfängen vorhanden.

Eine vollständige Geschichte der Faserbahnen des Gehirns verlangt als Unterlage die sorgfältige Durcharbeitung sämtlicher Gehirnabteilungen, und dabei ist auch die Scheidung der grauen Massen mit in Betracht zu ziehen. Ich hoffe bei späterem Anlaß dieser umfassenden Aufgabe, wenigstens teilweise, näher treten zu können. Was ich für diesmal bieten kann, das ist die Aufzählung einer Anzahl von gesondert in Erscheinung tretenden Faserbahnen und die Angabe von der zeitlichen Reihenfolge ihres Auftretens. Es sind meine hierauf bezüglichen Befunde ein Nebenprodukt der seit manchen Jahren fortgeführten konstruktiven Durcharbeitung embryonaler Schnittreihen. Die an verschiedenen Reihen gewonnenen Ergebnisse hatten sich dabei zu ergänzen, denn je nach Schnittrichtung und sonstigen Eigenschaften der Präparate sind die Einzelheiten nicht in jeder Reihe gleich gut feststellbar. Ich habe übrigens an den als Beispiel mitgeteilten Zeichnungen nur das eingetragen, was sich übersichtlich wiedergeben ließ.

Naturgemäß sondern sich die auftretenden Faserbahnen um so auffälliger von ihrer Umgebung, je geschlossener ihre Gruppierung und je gröber ihre Faserung. Als Beispiele scharfer Sonderung lassen sich aus früherer Zeit das MEYNERTsche Bündel, die Mamillarhaubenbündel und das Solitärbündel anführen, im Gegensatz zu den diffus verteilten feinfaserigen Längsbündeln der Haube. Mit Rücksicht auf die Verschiedenheit des Verhaltens erscheint es wohl zweckmäßig, zwischen Faserzügen und Fasersträngen, Tractus und Fasciculi zu unterscheiden. Die diffus verteilten Fasermassen der Formationes reticulares können sonach als Tractus bezeichnet werden, wogegen für den bisherigen Tractus solitarius die Bezeichnung Fasciculus besser paßt. Dabei ist allerdings zu bemerken, daß



Fig. 101. Konstruktion des Gehirns von Embryo My. Vergr. 15fach. Im verlängerten Mark sind eingezeichnet: die untere Olive, der Fasciculus solitarius und Fasciculus spinalis Trigemini. Die Verbindung des N. intermedius mit dem Fasciculus solitarius habe ich nach dem Glasmodell des Embryo Wi eingetragen, bei dem sie vorzüglich klar hervortritt. Im Mittel- und Vorderhirn sind gezeichnet: das mediale Längsbündel, die querverlaufenden Fasern der basalen Hinterhirnfläche (Corpus trapezoides), der Anschluß der Schleifen an die Seitenfläche des Mittelhirns, der vordere Abschnitt der Commissura cervicalis, das Meynertsche Bündel, die Mamillarbündel, das Stammbündel des Thalamus und die Stria medullaris. Vom Meynertschen Bündel ist das Endstück nur punktiert angegeben, es hob sich dieses an den Schnitten nicht scharf genug ab. Da ich das Bündel von jüngeren Stufen (Se, So u. a.) bis in den Isthmus verfolgen kann, so ist auch hier am Vorhandensein des betreffenden Abschnittes nicht zu zweifeln. Im übrigen zeigt die vorliegende Stufe eine Reihe von Faserbündeln nur in ihrem Anfangsteil angelegt: 1. Der N. opticus, das Chiasma und der Tractus opticus sind noch faserarm. 2. Die Stria medullaris thalami steigt eine Strecke weit vom vorderen Rand des Thalamus in die Höhe, hört aber schon frühzeitig zugeschärft auf, der Deckenabschnitt fehlt. 3. Das Stammbündel des Thalamus sammelt seine fächerförmig zusammenstrahlenden Fasern in einem kompakten, der Seite des Thalamus anliegenden Stamm, von hier aus tritt es an die Basis des Streifenhügels, dringt aber nicht tief in diesen ein, sondern endigt stumpf, ohne daß es zur Bildung einer Capsula interna kommt (man vergl. auch die Figg. 104 u. 105, S. 164). Inwieweit die Mamillarbündel und das mediale Längsbündel vollständig angelegt sind, mag ich nicht entscheiden, da die Schnitte dafür keine beweisende Bilder geben. Dagegen erreicht 4. der an das Mittelhirn tretende Teil der Schleifen noch nicht seine spätere Höhe. 5. Der Fasciculus restiformis ist, falls überhaupt schon vorhanden, nur in seinen ersten Anfängen angelegt. *Ol.* = N. olfactorius, *T. o.* = Tractus opticus, *St.* = Stria medullaris thalami, *C. c.* = Commissura cervicalis, *T.* = Thalamusstrahlung und Stammbündel, *M.* = Meynertsches Bündel, *Ma.* = Mamillarbündel, *S.* = Schleife, *L.* = mediales Längsbündel, *F. s.* = Fasciculus solitarius, *O.* = untere Olive, *F. T.* = Fasciculus spinalis Trigemini, *V.* G. Gaßeri, *VII.* N. facialis mit G. geniculi und N. i. = N. intermedius, *VIII.* Acusticusganglien, *IX.* N. glossopharyngeus. *X.* N. vagus, *K.* = Kernmassen der Hinterstränge. (Zu Seite 154.)

auch solche Bündel, die stellenweise scharf umgrenzt sind, nach ihrem Anfangs- und Endpunkte hin diffus auslaufen können.

Das Ideal der Methode würde sein, für einen jeden Faserzug das Hervorgehen der Fasern aus den zugehörigen Neuroblasten d. h. den Anfang und die Auswachsrichtung der Fasern festzustellen. Dies Ideal ist überall da erreichbar, wo wir das stufenweise Fortschreiten der auswachsenden Faserzüge verfolgen können. Als interessantes Beispiel hierfür kann ich auf die Verhältnisse des in Figur 101, S. 153, dargestellten Embryo My hinweisen, bei dem eine Anzahl der großen Faserbahnen zwar angelegt, aber noch nicht in ihrer ganzen Länge und Mächtigkeit ausgebildet sind. Bei solchen ist das Anfangsgebiet der betreffenden Bahnen scharf genug charakterisiert. Allerdings ist dabei noch mit der Möglichkeit zu rechnen, daß in solchen Bahnen gegenläufige Faserzüge sekundär auftreten. Durch RAMON Y CAJAL haben wir ja das Vorhandensein entgegengesetzt gerichteter Faserbahnen im N. opticus, durch HELD ein solches in den akustischen Bahnen des Gehirns kennen gelernt.[1])

Beweisend für den Ursprung von Faserzügen sind natürlich nur die Präparate, die den Zusammenhang der Fasern mit den Neuroblasten unmittelbar erkennen lassen. In den Fällen aber, wo uns das eine und das andere Kennzeichen im Stich lassen, da haben andere Methoden, wie vor allem die Silbermethode und die Degenerationsmethode, in die Lücke zu treten. In der Hinsicht enthält die Literatur schon ein sehr beachtenswertes Material, auf das ich indessen im vorliegenden Aufsatz nur nebenher eingehen kann.

Ich gebe zunächst eine Übersichtstabelle, in der für Embryonen und Foetus verschiedenen Alters[2]) die nachgewiesenen Faserbahnen eingetragen sind. Die Faserzüge sind in der Reihenfolge ihres Auftretens angeführt, und von den nicht nachweisbaren Faserzügen ist jeweilen der oberste mit einer Null angegeben. Mit einem positiven Zeichen habe ich die Stränge eingetragen, wenn sie auch nur mit ihren ersten Anfängen nachweisbar waren. So sind z. B. schon bei Br 3 der Fasciculus solitarius, der Fasciculus spinalis Trigemini und die medialen Längsbündel als vorhanden angegeben, obwohl sie erst als kurze Stümpfe angelegt sind.

[1]) HELD, Die zentrale Gehörleitung. HIS' Archiv 1893 S. 201 ff.

[2]) Über den Gebrauch der Worte „Embryo" und „Foetus" habe ich mich seinerzeit in der Anatomie menschlicher Embryonen (Heft II S. 44 ff.) ausgesprochen. Das Wort Embryo paßt für das sich entwickelnde Wesen, solange es die provisorische embryonale Gliederung (Urwirbel, Schlundbogen, WOLFFsche Körper usw.) hat. Da, wo die Gliederung den bleibenden Charakter angenommen hat, brauchen wir besser die Bezeichnung Foetus. Der Übergang vom Embryo zum Foetus fällt beim Menschen in die Entwicklungsstufen von 13—16 mm Nl., also in die Mitte des zweiten Monats. Nach Überschreitung dieser Stufe sind die Gestalt des Kopfes, des Rumpfes und die Gliederung der Extremitäten ausgesprochen menschliche geworden. Will man auch die Grenze etwas weiter stecken, so wird man doch jedenfalls vom dritten Monat ab zweckmäßigerweise die Bezeichnung „Embryo" gegen die von Foetus vertauschen.

Maße in mm	Ende des 1. Monats	Anfang			Mitte des 2. Monats							Ende	An-fang	Mitte des 3. Monats			Ende	Anfang	Mitte des 4. Monats	Ende	Mitte des 5. Monats
Von Br 3 bis Mr ist die Nl., von Lo ab die SSl. angegeben	Br 3 6.9	Ko 10.2	N 10.9	Sch 13.8	Ob 15.5	Wi 15.7	Se 16	So 17	FM 17.8	Zw 18.5	My 19 (?)	Mr 22	Lo 29	Cl 35	Stg 46	Doed 50	Ma 56	Cr 60	Cc 83	Pl 120	CP 160
Fasc. spinalis N. trigemini	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Fasc. solitarius	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Fasc. medialis (hint. Längsbündel)	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Fasc. mamillo-tegmentales	0	0	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
N. olf. u. Striae olf. med.	...	..	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Commissura posterior	...	..	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Querfaserzüge der Hinterhirnbasis	...	..	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Fasc. retroflexus (MEYNERTI)	...	..	0	0	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Ursprung der med. Schleife	...	..	..	..	0	0	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Anschluß an das Mittelhirn	...	..	..	..	..	..	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Gekreuzte Olivenfasern	...	..	..	..	..	..	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Stammbündel des Thalamus	...	..	..	..	..	..	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Stria med. des Thalamus	...	..	..	..	..	..	0	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
N. opticus, Chiasma, Tractus	...	..	..	..	..	..	..	0	0	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Fasc. restiformis	...	..	..	..	..	..	..	..	..	0	0	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Capsula interna	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
Schlußstück d. Commiss. ant.	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	0	0	0	0	|	|	|	|	|	|
Columna fornicis	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	0	0	0	|	|	|
Körper und Schenkel des Fornix	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	|	|	|
C. callosum, erster Anfang	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	|	|	|
„ „ Hauptstück	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	0	|	|
Brückenfasern	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	...	|	|
Pyramidenbündel	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	...	|	|

Bemerkungen zu einzelnen Strängen.

Fasciculus spinalis N. trigemini und Fasciculus solitarius. In betreff dieser beiden Stränge kann ich auf meine früheren Arbeiten verweisen. Nach ihrer Lagerung und ihrer Bedeutung entsprechen sie dem Hinterstrang des Rückenmarkes. Ihr getrennter Verlauf erläutert sich, wie dies seinerzeit gezeigt wurde, dadurch, daß das Auswachsen der Faserzüge eine gewisse Zeit beansprucht: während die Trigeminusfasern bis zum verlängerten Mark vordringen, hat der Fasciculus solitarius seine oberflächliche Lage bereits aufgegeben, und er ist von Zellen- und Faserschichten umgeben, die an der Bildung der Formatio reticularis teilnehmen Diese Schichten schieben sich demnach trennend zwischen die beiderlei Faserzüge ein.

Der Fasciculus solitarius sammelt Fasern aus den Nn. glossopharyngeus und vagus. Ihm gesellt sich aber auch die spinale Wurzel des N. vestibularis bei, sowie der N. intermedius.[1]) Seine Herkunft ist also in die Ganglien dieser vier Nerven zu verlegen. Sein Auslaufen erfolgt, wie man weiß, in den grauen Massen am unteren Ende des verlängerten und am oberen des Halsmarkes. Dazu kommen die durch die Silbermethode festgestellten Endigungen abgehender Kollateralen in der den Strang begleitenden grauen Substanz.

Unterhalb der Rautengrube verläuft das Solitärbündel als wohlumgrenzter Strang inmitten der dichten Zellenmassen der dorsalen Markhälfte, weiterhin zweigen sich Büschel von ihm ab, die sich zwischen den angrenzenden Zellenmassen verlieren. Der untere Ausläufer des Stranges wird hierdurch dünner und er beschreibt nunmehr im oberen Halsmark einen seitwärts konkaven Bogen. Schließlich gelangen seine seitwärts gekehrten Endfasern in ein Gebiet, in das auch aufsteigende Hinterstrangfasern eintreten. Ich muß mich daher KÖLLIKER anschließen,[2]) wenn er bemerkt, daß es sehr schwer ist, das distale Ende des Solitärbündels zu bestimmen. Das von RAMON Y CAJAL an Säugetiergehirnen aufgefundene und als einer der Endpunkte des Solitärbündels nachgewiesene Ganglion intercommissurale[3]) war an meinen Präparaten nicht erkennbar.

---

[1]) Über die Beziehungen des N. intermedius und N. vestibularis zum Fasciculus solitarius gibt ein aus Sagittalschnitten des Embryo Wi hergestelltes Glasmodell sehr anschauliche Bilder. Den Anschluß des N. intermedius habe ich oben in Figur 101, S. 153, eingezeichnet, der des N. vestibularis ließ sich, ohne die Figur unklar zu machen, nicht eintragen, und ich habe ihn daher wegelassen.

[2]) KÖLLIKER l. c. S. 244. KÖLLIKERS am angegebenen Ort mitgeteilte Figur 468 stimmt in allen wesentlichen Punkten mit dem, was meine Frontalschnitte zeigen.

[3]) RAMON Y CAJAL, Textura del Sistema nervioso del Hombre y de los Vertebrados. Madrid 1900. Fasc. IV. S. 73.

Tractus hypothalamici und Formationes reticulares. Laut der in Figur 23 S. 43 wiedergegebenen Konstruktionszeichnung finden sich schon sehr frühzeitig Neuroblasten- und Faserzüge, die von der Basis des Vorderhirns durch die Regio hypothalamica hindurch den Weg nach dem Mittelhirn einschlagen. In der Folge nimmt die Menge dieser Faserzüge erheblich zu, und man findet demnach auf späteren Stufen die Seitenwand des Hypothalamus von ihnen reichlich durchsetzt, aber sie sind fein und dabei diffus verteilt, demnach treten sie nicht als auffällige Bildungen gesondert hervor.

Den aus dem Hypothalamus in den Haubenwulst übergehenden diffus verteilten Faserzüge schließen sich hier ähnliche Züge an, die vom Mittelhirn ab durch das gesamte Rautenhirn hindurch sich ausbreiten und deren Menge im Verlaufe des zweiten Monats erheblich zunimmt. Sie werden weiterhin durchkreuzt von Radiärfasern und von Systemen von Bogenfasern, deren Verhalten in den verschiedenen Bezirken innerhalb gewisser Grenzen wechselt. Es bilden sich so die Formationes reticulares, hinsichtlich derer ich auf meine ältere Arbeit über das Rautenhirn verweisen kann.

Das mediale (hintere) Längsbündel. Abgesehen von den Nervenwurzeln ist das sog. hintere Längsbündel embryologisch das erste scharf umschrieben auftretende Faserbündel des Gehirns. Es ist schon beim vierwöchentlichen Embryo, wenn auch nur auf kurze Strecken, nachweisbar. Es tritt zuerst im Isthmus und weiterhin im Boden des Mittelhirns auf, und hier ist es auch in der Folge am schärfsten von der Umgebung gesondert. Bei Br 3 (siehe oben S. 52) tritt es auf in der Form von 3—4 rundlichen, scharfumgrenzten Bündelchen, die dicht unter der Oberfläche liegen. Noch sind sie kurz und verlieren sich beim Übergang ins Mittelhirn und bei dem in die Brücke. Außer von diesen Bündelchen zeigen sich der Randschleier des Isthmus und des Mittelhirnbodens von feinen Fasern durchsetzt, die zerstreut liegen und keine Bündel bilden. Dieselben Bündelchen und zerstreut liegenden Fasern wie bei Br 3 finde ich auch bei dem nur wenig älteren Embryo Dl. Bei Ru ist das mediale Längsbündel scharf umgrenzt, aber nicht mehr so oberflächlich gelegen. Es ist von einer Schicht von Bogenfasern und von Zellenlagen umgriffen. Es verliert sich beim Übergang ins Mittelhirn und nach abwärts beim Übergang in die Brücke. Schon auf frühesten Stufen zeigt das mediale Längsbündel Beziehungen zu den Kernen der Augenmuskelnerven. Laut EDINGER[1]) gehört das mediale Längsbündel zu den konstanten, durch die gesamten Wirbeltierreiche vorkommenden Gebilden, und es wird zu den Bahnen mit kurzem Faserverlauf gerechnet. Es schließt sich mit seiner spinalen Fortsetzung den Vordersträngen des Rückenmarks an. Seine Zusammengehörigkeit mit den Grundbündeln der

[1]) EDINGER l. c. S. 73.

spinalen Vorderstränge ist am frühembryonalen Mark noch viel auffälliger, als am ausgebildeten, da in früherer Zeit die übereinstimmende Lagerung neben der Mittellinie und nahe an der ventralen Oberfläche schärfer und unverhüllter hervortritt. Bei diesem Verhalten des Längsbündels erscheint die von MEYNERT stammende Bezeichnung als „hinteres" Längsbündel unzweckmäßig, denn sie besagt das genaue Gegenteil von dem, was das Bündel charakterisiert. Es ist dies der Grund, weshalb die BNA. vorgeschlagen haben, von einem „medialen" Längsbündel statt von einem „hinteren" zu sprechen.

Die Angaben über das vordere Ende des medialen Längsbündels lauten sehr verschieden,[1]) und ich bin meinerseits nicht in der Lage Entscheidendes darüber beizubringen. An guten Sagittalschnitten finde ich das Bündel fächerförmig in den Teil des Haubenwulstes ausstrahlend, der gegen den dritten Ventrikel vorspringt.

Die Fasciculi mamillo-tegmentales oder kurzweg Mamillarbündel[2]) gehören zu den früh sich sondernden Bildungen. Ihre grobe Faserung und ihre kompakten Bündel lassen sie auffällig aus ihrer Umgebung hervortreten. Mit Sicherheit finde ich sie schon auf den Stufen N und Sch. Der von früh ab gegen die Sattelspalte sich vorwölbende Mamillarkörper besteht längs der Mittellinie aus einer dünnen, auf der Ependymstufe verbleibenden Gewebsplatte. Dagegen entwickeln sich aus seinen dicken Seitenwandungen zahlreiche, zum Teil netzförmig unter sich zusammenhängende Faserbündel, die nach oben hin zu stärkeren Stämmchen sich sammeln, weiterhin aber sich wiederum zerspalten, und, spinalwärts sich umbiegend, in die Haubenwülste übergehen. Im allgemeinen verlaufen die Bündel von unten nach aufwärts, an Sagittalschnitten findet man indessen auch solche Bündel, die erst eine Strecke weiter abwärts biegen, bevor sie einem der aufsteigenden Bündel sich anschließen. Die Mamillarbündel setzen sich von Anfang ab sehr scharf von ihrer Umgebung ab. Die Richtung der in die Haube eintretenden Bündel führt anscheinend gegen das mediale Längsbündel, und bei der Interpretation bloßer Querschnittreihen kommt man leicht in die Versuchung, einen unmittelbaren Übergang zu konstruieren. Sagittalschnitte geben aber hierfür keine Anhaltspunkte. An solchen erkennt man, daß die Mamillarbündel bei ihrem Übertritt in den Haubenwulst fächerförmig auseinandergehen und in die diffusen Faserzüge der Haube umbiegen. Nach GUDDEN sollen sie in einem besonderen Ganglion, dem

[1]) Eine eingehende Zusammenstellung gibt KÖLLIKER l. c. S. 438 ff. Man vergleiche auch BECHTEREW, „Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark" deutsch von WEINBERG, 2. Auflage 1899. Nach diesem Forscher (l. c. S. 350) enthält das hintere Längsbündel auf- und absteigende Fasern, womit meine eigenen Beobachtungen übereinstimmen.

[2]) „Haubenbündel des Corpus mamillare" von GUDDEN.

sog. tiefen Ganglion von Gudden endigen.[1]) Nach der von Kölliker bestätigten Entdeckung von Ramon y Cajal geht das Vicq d'Azyrsche Bündel, der Fasc. thalamomamillaris durch Faserteilung aus den Elementen der Mamillarbündel hervor.[2]) Es ist nun bemerkenswert, daß ich an foetalen Sagittalschnitten aus dem dritten Monat das Vicq d'Azyrsche Bündel nie zu Gesicht bekommen habe, während doch die Mamillarbündel so früh und so deutlich zutage treten. Die Zeit, in der das Vicq d'Azyrsche Bündel auftritt, vermag ich vorläufig nicht anzugeben.

Nn. olfactorii und Striae olfactoriae mediales. Die erste Bildungsgeschichte des Riechnerven und sein Herauswachsen aus dem Epithellagen der Riechgrube habe ich in einer früheren Arbeit einläßlich besprochen.[3]) Der Zeit nach fällt der Vorgang in die fünfte Woche (Embryo N). Die frühe Geschichte bietet noch allerlei Stoff für spätere eingehende Forschungen, ich beschränke mich aber hier auf kurze Andeutungen. Die aus den verschiedenen Bezirken des Riechfeldes hervortretenden Nervenbündel sammeln sich bei ihrem Aufsteigen zum Gehirn zu einem ziemlich dicken Stamm, der in schräg nach vorn geneigtem Verlauf an die Bulbusanlage herantritt. Die Existenz des anscheinend ungeteilten Olfactoriusstammes hat auf den ersten Blick etwas Befremdendes, da ja späterhin der Durchtritt der Olfactoriusbahnen durch den Schädel in zerteilten Bündeln erfolgt. Der Schlüssel zum Verständnis dieses Verhaltens liegt in der Insertionsweise des Riechnervenstammes in den Bulbus. Die Insertion verteilt sich nämlich über ein größeres Feld, indem der Bulbus von den herantretenden Bündelchen becherartig umgriffen wird. Es betrifft somit die Zusammenfassung der Faserbündel zu einem Stamm nur eine mittlere Strecke, vor und hinter der die Bündel auseinanderweichen. Auch scheint es innerhalb des Stammes nur zu einer Aneinanderlagerung, nicht aber zu einer geflechtartigen Durchkreuzung der Bündel zu kommen, so daß deren Sonderung durch Zwischenschiebung von Mesenchym im Verlaufe weiteren Wachstums keine Hindernisse findet. Die in der ersten Hälfte des zweiten Monats vorhandene Zusammenfassung der Olfactoriusbündel zu einem kompakten Stamm verliert sich übrigens bald, und schon im Beginn des dritten Monats liegen die Bündel in viel loserer Gruppierung.

Fast gleichzeitig, oder jedenfalls nur um weniges später, tritt an der hinteren Grenze des vorderen Riechhirnes ein rundes, kräftiges Faserbündel auf, die Stria olfactoria medialis. Das dem vorderen Riechhirn entstammende Bündel verläuft eine Strecke weit vor der Fissura prima an der medialen

---

[1]) von Gudden, Gesammelte und hinterlassene Abhandlungen herausgeg. von Grashey 1899. „Das Corpus mamillare und die sog. Schenkel des Fornix" S. 173 und Taf. XXX.

[2]) Kölliker l. c. S. 515 ff.

[3]) „Formentwicklung des menschlichen Vorderhirns." S. 717 ff.

Hemisphärenwand in die Höhe und verliert sich dann, indem seine Faserzüge in die Wand eintreten (Figg. 94 u. 95, S. 141 u. 142).

Commissura cervicalis. Unter diesen gemeinsamen Namen läßt sich eine früh auftretende dorsale Querkommissur zusammenfassen, die ihre mächtigste Entwicklung über dem Einschnitt des Vorderhirnhalses erreicht und von da aus unter beiderseitiger allmählicher Verjüngung auf die Decke des anstoßenden Zwischenhirns und des Mittelhirns übergreift. Der vordere Abschnitt dieser Kommissur wird in der Hirnanatomie als Commissura posterior bezeichnet, der hintere, auf das Mittelhirn übergreifende Teil ist die sog. Kommissur der vorderen Vierhügel.[1]) Während erstere an ihrer dorsalen Seite frei bleibt und in bekannter Weise sich faltet, wird die Kommissur des oberen Vierhügels in der Folge von Zellenschichten und von Ausstrahlungen des Sehnerven überlagert. Die dorsale Nackenkommissur tritt schon im Verlauf der fünften Woche auf, ich finde sie noch nicht geschlossen bei Embryo Ko, wohl aber bei den Embryonen CR, N u. ff. Sie besteht aus vertikal gestellten parallelen Blättern, die durch schmale Streifen zellenhaltigen Gewebes voneinander geschieden sind. Die vordere Grenze der dorsalen Kommissur bezeichnet den Ort, wo sich die Decke des dritten Ventrikels als Zirbelanlage emporzuwölben beginnt.[2]) Die hintere Fortsetzung der Kommissur überlagert das Mittelhirn in seiner vorderen Hälfte. Die Faserzüge zeigen einen schräg nach vorn ansteigenden Verlauf. So früh und so deutlich sie sich aber in ihrem oberen Abschnitt zu erkennen geben, so schwierig ist es, über ihre Herkunft und über ihr Endgebiet klare Anschauungen zu gewinnen. Sie verlieren sich in die Seitenwand des Mittelhirns, bez. beim Übergang in die Haube. Die Zellenstränge, die die Bündel voneinander scheiden, haben, soweit ich an meinen Präparaten ersehen kann, mit der Bildung derselben nichts zu tun. Wo die Stränge vom Schnitt längsgetroffen sind, zeigen sich die Kerne der zwischenliegenden Zellen quer durchschnitten. Weiter seitwärts stoße ich wohl auf einzelne Neuroblasten, deren Spitzen in der Richtung der Kommissur, dieser zu- oder abgekehrt liegen, aber eigentlich überzeugende Bilder habe ich keine gewonnen. Bei dem schrägen und gebogenen Verlauf der Kommissurenfasern ist es verständlich, daß man den Zusammenhang mit den zugehörigen Zellenleibern nicht leicht in den Schnitt bekommt. Nach der Angabe neuerer

---

[1]) Die Kommissur der vorderen Vierhügel findet sich abgebildet bei KÖLLIKER l. c. S. 444, Fig. 100, sowie Fig. 568, S. 407 und Fig. 569, S. 408.

[2]) Die hintere Kommissur ist vorhanden, ehe sich die Zirbel als selbständige Ausbuchtung der Zwischenhirndecke hervorwölbt. Erheblich später als die hintere entwickelt sich die sog. obere Kommissur der vergl. Anatomen, oder die Commissura habenularum der BNA. Es liegt nahe, die Ausbuchtung der Zirbel auf eine Stauung der dünnen Deckplatte des dritten Ventrikels durch den Querfaserstrang der hinteren und später vielleicht auch der oberen Kommissur zurückzuführen.



Fig. 102. Querschnitt durch den Kopf von Foetus Stg (46 mm SSl.). Der Schnitt geht durch den hinter dem Stiel liegenden Teil der Hemisphären. Letztere zeigen beiderseits den Schweif des Streifenhügels und an der medialen Oberfläche den Limbus mit der Bogenfurche, rechts auch noch einen Streifen von der Lamina infrachorioidea. Das Zwischenhirn ist in schräger Richtung getroffen, oben in seinem hinteren Abschnitt, unten am hinteren Rande des Chiasma. Die quergestellte Furche im oberen Teil des Thalamushirns, die den Epithalamus vom eigentlichen Thalamus scheidet, ist der Recessus geniculi. Die an der Grenze des Recessus liegenden querdurchschnittenen Faserbündel gehören zum Meynertschen Bündel. Das Chiasma ist in seinem hintersten Abschnitt vom Schnitt gestreift, links sieht man noch die Abgangsstellen des N. opticus; rechts liegt der Schrägschnitt des letzteren bereits außerhalb der Schädelhöhle. Zwischen dem Sehnerven und dem umgebenden Gewebe liegt eine klaffende Spalte, die sich beim Eintritt in den Schädel in den epicerebralen Raum öffnet. Wie dieser, so bezeichnet die (möglicherweise durch Gewebsschrumpfung erweiterte) Spalte den Zwischenraum zwischen der Gliascheide des Nerven und seiner Bindegewebsscheide, beide sind zur Zeit noch scharf voneinander gesondert. Jenseits vom Chiasma verfolgt man auf jeder Seite eine Strecke weit den Verlauf des Tractus opticus. (Zu Seite 162.)

Hirnforscher sollen die medialen Längsbündel und die hintere Kommissur einen gemeinsamen Kern besitzen.[1])

Soweit die hintere Kommissur dem Zwischenhirn angehört, liegen ihre Bündel im Epithalamus. Dieser bildet noch beim Foetus des dritten Monats eine quergelagerte, medialwärts sich verdünnende und schließlich in die ependymatöse Deckhaut übergehende Platte. Durch eine scharfe, im Grund des Recessus geniculi auslaufende Furche scheidet sich der Epithalamus vom Thalamus (Fig. 102, S. 161). Unmittelbar an den Ventrikelraum grenzt auch beim Epithalamus eine dunkle Schicht von Höhlengrau, über dieser, und teilweise noch in sie eingegraben, liegen die blattartigen Bündel der hinteren Kommissur. In ihrer scharfen Umgrenzung sind sie nur eine kurze Strecke weit in die Seitenwand verfolgbar. Nach vorn werden im Epithalamus die Kommissurenbündel durch die Ursprungsbündel des Fasc. retroflexus abgelöst, die auch ihrerseits in das Höhlengrau des Recessus geniculi sich eingraben und in ihrem weiteren Verlauf den letzteren seitwärts umgreifen.



Fig. 103. Basis des Rautenhirns eines Foetus von 5 cm SSl. Man sieht das freiliegende Corpus trapezoides, den Anfangsteil der akustischen Schleife und den Anschluß von Schleifenfasern an die Seitenfläche des Mittelhirns. (Zu Seite 163.)

Die Schleifen. Bei dem winkligen Verlauf der beiden Schleifen ist es auf früheren Stufen keineswegs leicht, deren gesamten Verlauf an einer und derselben Schnittreihe übersichtlich zu verfolgen. Das erste, was davon leicht zur Anschauung gelangt, ist der an das Mittelhirn herantretende Abschnitt, und den findet man in der zweiten Hälfte des zweiten Monats an Querschnitten als eine helle, das Mittelhirn seitlich umgreifende Belegschicht, an Sagittalschnitten als eine scheitelwärts schräg ansteigende Faserplatte. In der Zeit muß auch der Ursprung der Schleifen schon vorhanden sein, und für die sensible (mediale) Schleife ist er unverkennbar in dichten Zügen von Bogenfasern gegeben, die aus den dorsalen Zellenmassen des verlängerten Markes, dem Gebiete der späteren Hinterstrangkerne hervortreten und ventralwärts in der

[1]) Edinger l. c. S. 308.

Richtung der Olivenkerne verlaufen, und deren Durchkreuzung in der Mittelebene an Querschnitten konstatierbar ist. Weniger klar bin ich über den genauen Zeitpunkt, in dem der Ursprung der akustischen (lateralen) Schleife und des Trapezkörpers auftreten. Querfasern finden sich an der basalen Fläche des Hinterhirns schon sehr früh, im Beginn des zweiten Monats, allein diese früh auftretenden Fasern sind dem System der Formatio reticularis zuzuweisen, sie liegen also in der Folge tiefer als der Trapezkörper.

Die laterale Schleife liegt, wenn sie einmal vorhanden ist, oberflächlich, und so finden wir sie im dritten Monat als eine von bloßem Auge bez. mit der Lupe sichtbare Bildung (Fig. 103, S. 162). Man sieht an Gehirnen aus dieser Zeit den die Seitenfläche des Corpus restiforme umgreifenden Anfangsteil, seinen Übergang ins C. trapezoides und den Anschluß des letzteren an die das Mittelhirn erreichenden Faserzüge. Entsprechend zeigen auch Querschnitte aus der Zeit die oberflächliche Lagerung des Trapezkörpers.

Der Thalamus und seine Verbindungen; das Stammbündel des Thalamus.

Gegen Ende des zweiten und im Beginn des dritten Monats zeigen sich die dem Thalamushirn entstammenden Faserzüge ziemlich übersichtlich angeordnet. Es sondern sich nämlich zu der Zeit drei Ursprungsgebiete, von denen jedes ein Hauptbündel entsendet. Das erste dieser Bündel, das den *Stabkranz des Thalamus* in sich aufnimmt, können wir als *Stammbündel* bezeichnen, das zweite ist das MEYNERTsche *Bündel* oder der *Fasciculus retroflexus*, das dritte die *Stria medullaris thalami*.

Das Ursprungsgebiet des Stammbündels umfaßt weitaus die Hauptmasse der Thalamuswand. Zunächst gehört ihm das obere Thalamusgebiet bis zum Recessus geniculi an, allein auch das untere, mittlere und hintere Gebiet entsenden Fasern zum Stammbündel, wie dies am deutlichsten an guten Sagittalschnitten sich feststellen läßt (Fig. 104, S. 165). Die aus diesen verschiedenen Bezirken stammenden Fasern treten zunächst zu zahlreichen kleinen Büscheln zusammen, die schräg basal- und lateralwärts verlaufen. Ein großer Teil derselben tritt in eine der Außenfläche des Thalamus anliegende Faserschicht, das *Stratum zonale* ein. Weiterhin sammeln sich sämtliche Fasern zu einem kompakten runden Bündel, das von hinten und unten her an das Stielgebiet der Hemisphären herantritt. Dies Bündel, das *Stammbündel*, liegt anfangs noch oberflächlich, seine Fortsetzung dringt aber in den Streifenhügel ein, und hier findet man es gegen Ende des zweiten Monats, als stumpf auslaufendes, ziemlich abgeschlossenes Gebilde (Fig. 101, S. 153.) Zu der Zeit gibt es noch keine innere Kapsel, dann aber, wenn die Rindenbildung beginnt, breitet sich das Stammbündel zu einer flachen nach vorn vordringenden Platte aus, die weiterhin von Zellenscharen durchsetzt und in grobe Bündel zerlegt wird. *Die innere Kapsel, die sich nunmehr bildet, ist zur Zeit ihrer ersten Entstehung aus-*

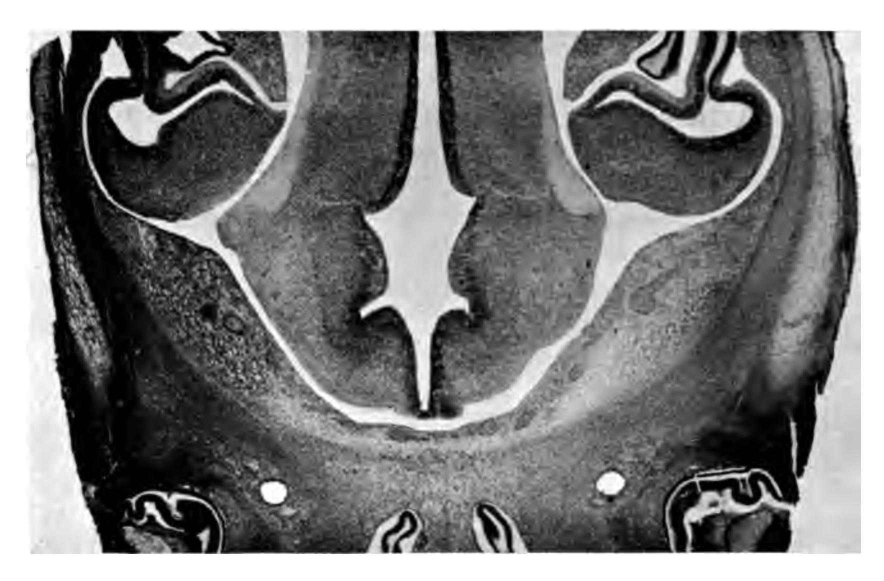


Fig. 104. Querschnitt durch das Vorderhirn des Embryo My (Nl. 19 mm?). Der Schnitt zeigt die basale Hälfte des Zwischenhirns und beiderseits ein Stück von den das Stielgebiet überragenden Hemisphären mit dem Schweife des Streifenhügels. Das Stammbündel des Thalamus liegt als heller Streifen dem letzteren seitlich an und ist dem Streifenhügel zugekehrt. (Zu Seite 163.)

schließlich aus dem Stammbündel des Thalamus abzuleiten, und dasselbe gilt von den früher besprochenen aus der inneren Kapsel in die Hemisphären eintretenden Faserzügen.

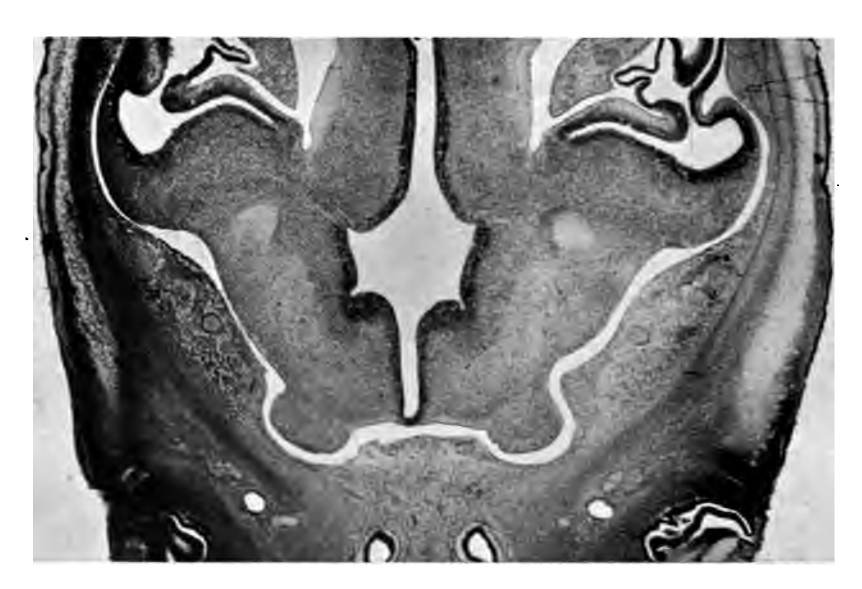


Fig. 105. Schnitt durch dasselbe Gehirn etwas weiter nach vorn. Der Schnitt trifft bereits das Stielgebiet und zeigt das Stammbündel des Thalamus als rundliches helles Feld unter dem Streifenhügel liegend. Von einer inneren Kapsel ist noch nichts vorhanden, das Stammbündel endigt stumpf im Streifenhügel. (Zu Seite 165.)

In den Figuren 104 und 105 habe ich zwei Querschnittsbilder durch das Vorderhirn des im übrigen nicht tadellosen Embryo My mitgeteilt. Die erste der beiden Figuren (104) zeigt die Bildung des Stammbündels an der Seitenfläche des Thalamus; Figur 105 zeigt dessen Lage nach Eintritt in den Streifenhügel. Das Bündel endigt noch stumpf und es verliert sich in den nächstfolgenden Schnitten spurlos. Schon bei dem etwas älteren Embryo Mr

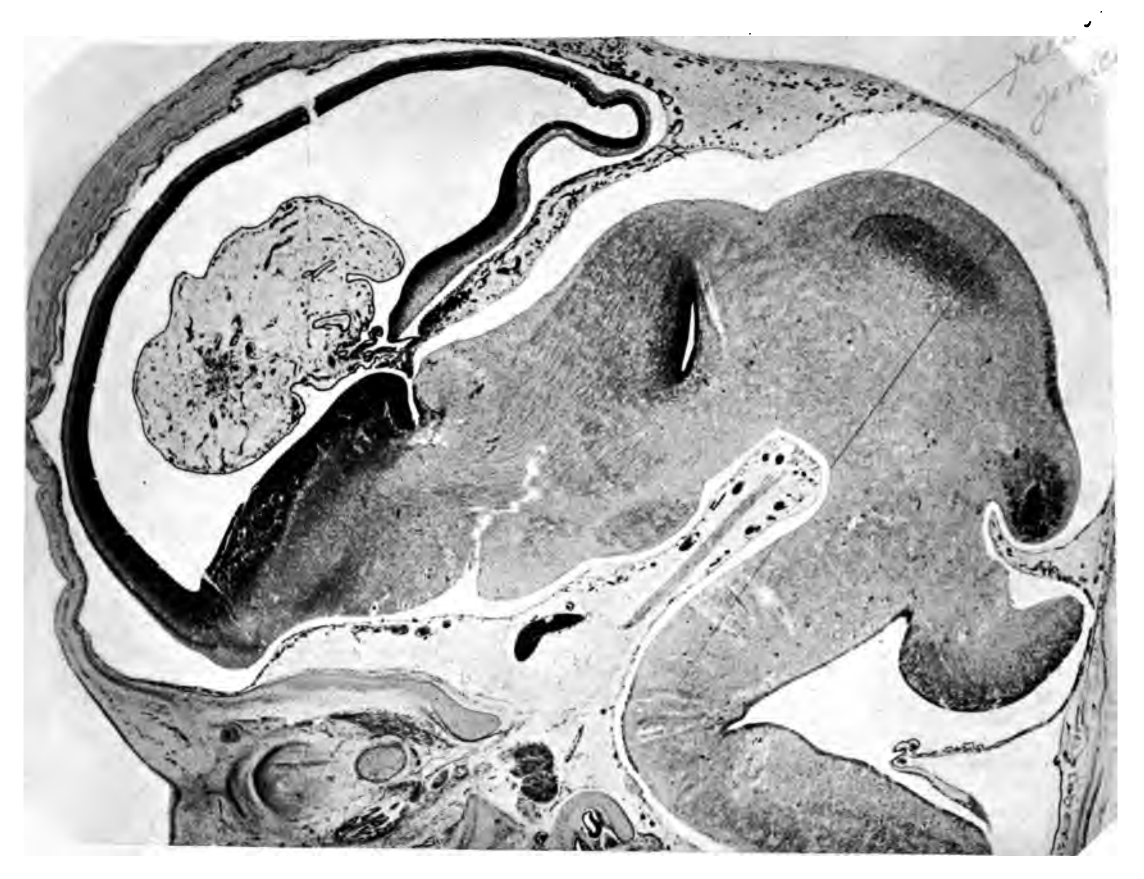


Fig. 106. Seitlich verlaufender Sagittalschnitt durch das Gehirn von Embryo Cl. Es sind Cerebellum, Mittelhirn, Thalamus, Streifenhügel und Pallium vom Schnitte getroffen. Die dunkel eingefaßte Spalte im Thalamus ist der Recessus geniculi, hinter ihm ist als heller Streifen ein Stück des Meynertschen Bündels zu sehen. Nach vorn vom Recessus kommen die Züge des Stabkranzes des Thalamus zur Anschauung, die, nach vorn und basalwärts gerichtet, in das Stammbündel übergehen. Ein Teil des letzteren bildet einen die Oberfläche überragenden rundlichen Wulst. Im übrigen sieht man die Fasern des Stabkranzes des Thalamus unter dem Streifenhügel in die innere Kapsel übergehen. (Zu Seite 166.)

(Nl. 22 mm) tritt es durch den Streifenhügel in die Hemisphärenwand ein, und noch weiter ausgebildet finde ich es bei den Embryonen Oe und Stg, von denen ich (Figg. 41—43, 49 u. 59) eine Reihe von Schnitten mitgeteilt habe.

Instruktiv sind auch Sagittalschnitte aus dieser und den nachfolgenden Perioden. An solchen verfolgt man leicht das konvergente Zusammenlaufen

der aus den verschiedenen Bezirken des Thalamus stammenden Faserzüge. Das Stammbündel zeichnet sich vor seinem Eintritt in den Streifenhügel als rundlicher Vorsprung. Es erreicht den Streifenhügel hinter dessen

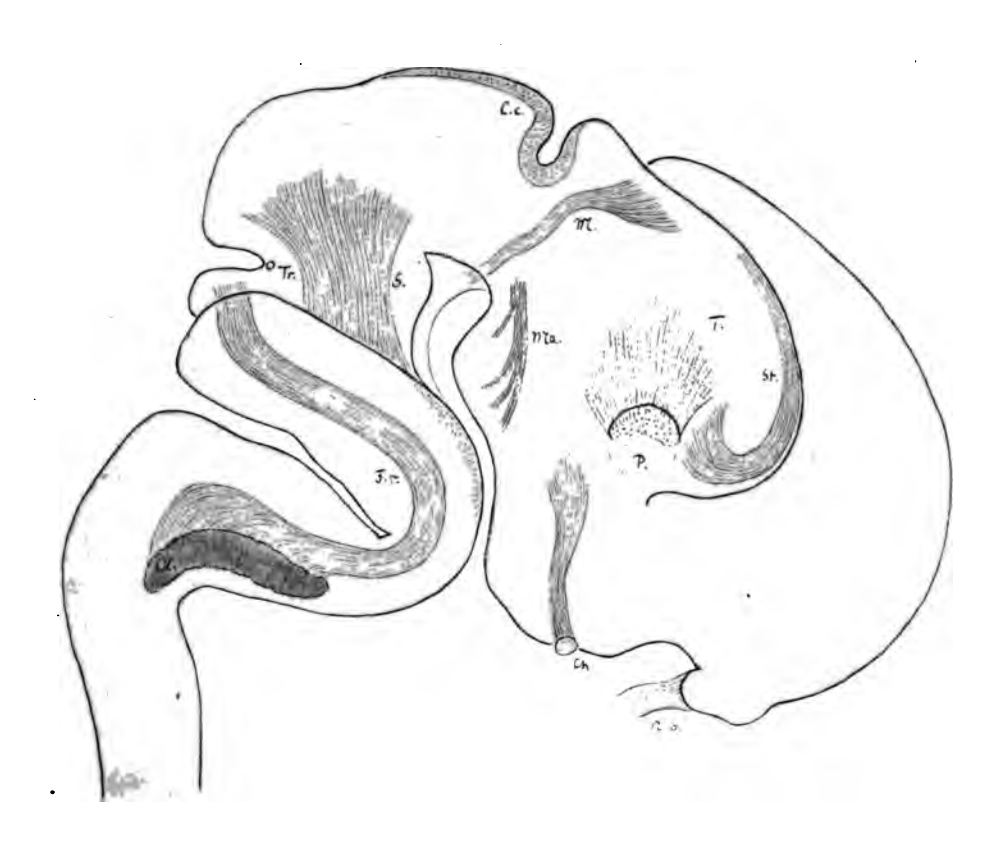


Fig. 107. Gehirn des Embryo Mr (Nl. 22 mm) Profilkonstruktion innerer Faserbahnen. Vergr. 10fach. Es sind in der Zeichnung nicht alle vorhandenen Bahnen dargestellt, so sind der Tractus solitarius, der Tractus Trigemini und das mediale Längsbündel weggelassen, da durch deren Einzeichnung das Bild unklar geworden wäre. Von den Schleifen ist nur die an der Seitenwand der Vierhügel emporsteigende Faserplatte (*S.*) eingezeichnet. Im übrigen sind gezeichnet: die Thalamusstrahlung nach dem Stammbündel *T.* hin, die Stria medullaris Thalami (*St.*), das Meynertsche Bündel (*M.*), die Mamillarbündel (*Ma.*), das Chiasma (*Ch.*) und der Tractus opticus. die cervikale bez. die dorsale Kommissur (*C. c.*), der Fasciculus restiformis (*F. r.*) und der N. olfactorius (*N. o.*). Die sonstigen Bezeichnungen bedeuten: *P.* den Hemisphärenstiel, in dessen oberen Teil das Stammbündel des Thalamus eintritt, *Tr.* den Austritt des N. trochlearis, *Ol.* die untere Olive. Die durchschnittenen Querfasern an der basalen Oberfläche des Hinterhirns, oberhalb von der Brückenkrümmung, gehören dem Corpus trapezoides an. Einige der vorhandenen Bündel sind noch nicht in ihrer gesamten Länge angelegt. So hört die Stria medullaris schon in der halben Länge der oberen Thalamusfläche zugeschärft auf. Auch die Überschreitung der Mittelebene durch den Fasciculus restiformis ist noch nicht erfolgt. (Zu Seite 168.)

hinterem Schenkel, zwischen ihm und dem Streifenhügelschweif (Fig. 106, S. 165).

Das, was ich hier als Stammbündel des Thalamus beschreibe, stimmt in zahlreichen Punkten mit Edingers basalem Vorderhirnbündel

oder seiner Radiatio striothalamica überein.[1]) EDINGERs Abbildung (Fig. 193 S. 273) scheint für eine Identität beider Gebilde beinahe beweisend. Immerhin differieren unsere Angaben noch in wesentlichen Punkten. Nach EDINGER entspringen die Fasermassen des basalen Vorderhirnbündels aus dem Streifenhügel und endigen im Thalamus. Mein Stammbündel des Thalamus dagegen entspringt unzweifelhaft in diesem, und es wächst, wie sich aus den oben mitgeteilten Beobachtungen ergibt, schrittweise gegen den Streifenhügel vor. Auch ist, nachdem es sich zur Capsula interna entwickelt hat, sein anfängliches Ausbreitungsgebiet nicht der Streifenhügel, sondern der Hemisphärenmantel, in den seine Faserzüge unter dem Nucleus caudatus hindurch eindringen.

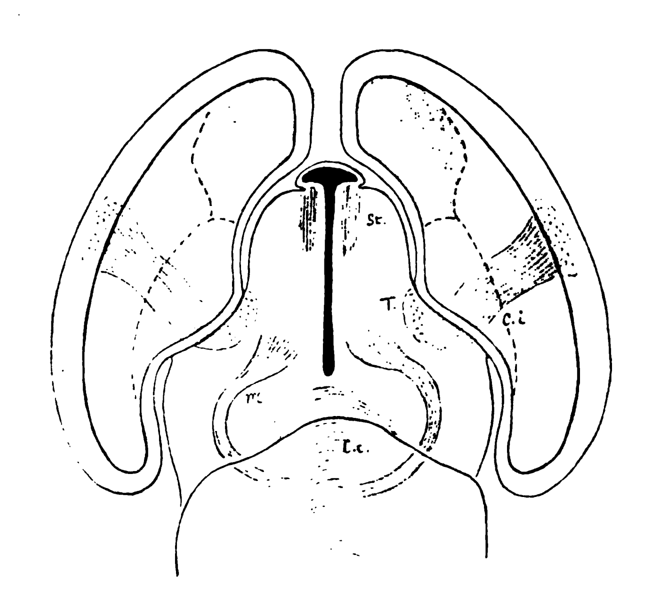


Fig. 108. Vorderer Gehirnabschnitt desselben Embryo Mr, Flächenkonstruktion. Vergr. 10fach. Die Faltungen der medialen Hemisphärenwand sind nicht eingezeichnet. Die Figur zeigt die zur Decke emportretende Stria medullaris und ihr zugeschärftes vorläufiges Ende (*St.*), sodann das Stammbündel des Thalamus (*T.*), seinen Weg durch die innere Kapsel unter dem Nucleus caudatus hindurch und seinen Eintritt in die laterale Wand des Palliums. Die Ausdehnung des Streifenhügels ist punktiert angegeben. In der hinteren Hälfte des Thalamus ist das Meynertsche Bündel (*M.*) eingezeichnet, das vorn mit fächerförmig zusammenstrahlenden Faserzügen beginnt. Ferner übersieht man die Flächenausdehnung der cervikalen Kommissur (*Cc.*), die bis weit über den oberen Vierhügel sich erstreckt. (Zu Seite 168.)

Das MEYNERTsche Bündel (Fasciculus retroflexus[2]) sammelt seine Faserbündel aus dem hinteren Abschnitt des Epithalamus, dem späteren G. habenulae, seine Ursprünge liegen in der Decke des Recessus geniculi und nehmen hier einen relativ breiten Flächenraum ein, sie sammeln sich, wie dies an Sagittalschnitten am leichtesten zu verfolgen ist,

[1]) EDINGER l. c. S. 144 u. S. 172. EDINGER hält die Linsenkernschlinge für einen Teil des basalen Vorderhirnbündels.

[2]) Von MEYNERT (l. c. S. 737) ursprünglich als „Haubenbündel aus dem Zirbelstiel" beschrieben. MEYNERT läßt das Bündel aus dem Ganglion habenulae entspringen und mit seinem unteren Ende den roten Haubenkern von der medialen Seite her umfassen.

zu anfangs getrennt verlaufenden, dann aber konvergierend zusammentretenden Bündeln, welche den Cervix des Vorderhirns seitlich umfassen, weiterhin mit dem medialen Längsbündel sich kreuzen und schließlich im vorderen Teil des Mittelhirnbodens nahe an der Mittelebene und dicht unter der Oberfläche auslaufen (Fig. 107, S. 166). In der Flächenprojektion beschreibt das MEYNERTsche Bündel einen lateralwärts konvexen Bogen (Fig. 108, S. 167), im Profil zeigt es einen leicht wellenförmigen Verlauf. Die unteren Enden beider Bündel konvergieren nach der Mittelebene hin, aber bis zu Stufe Stg vermag ich keine Kreuzung der Endfasern zu erkennen, und auch von einem abgesonderten Ganglion interpedunculare ist zu der Zeit noch nichts vorhanden. Das Ende des Bündels verliert sich nahe neben der Mittellinie, ohne in Zellenhaufen einzutreten.[1])

Das Ursprungsgebiet des MEYNERTschen Bündels schließt sich im hinteren Abschnitt des Epithalamus an das Ausbreitungsgebiet der hinteren Kommissur an und seine Faserzüge streifen gleich denen der Kommissur die Rückwand des Recessus geniculi.

Die Stria medullaris des Thalamus erscheint etwas später als das Stammbündel. Am übersichtlichsten zeigen sich ihre Verhältnisse an Sagittalschnitten, die unweit von der Mittelebene geführt sind. Hier erscheint die Stria mit retortenartig gestaltetem Profil, sie beginnt am vorderen unteren Ende des Thalamus breit, indem sie die fächerförmig aus der Umgebung zusammenströmenden Faserbündel sammelt; dann verjüngt sie sich und biegt nun nach oben und occipitalwärts um. Sie verläuft dem Rande des Epithalamus entlang, dicht vor Beginn der Taenia und der Lamina chorioidea thalami. Ihr hinterer Abschnitt erreicht nach vollendeter Ausbildung das Gebiet des späteren Ganglion habenulae. Nach Angabe der Autoren soll sie teils in diesem endigen, teils in die Commissura habenularum übergehen.[2]) Beim Embryo Mr (22 mm Nl.), von dem oben (Figg. 106 und 107) zwei Konstruktionsbilder mitgeteilt worden sind, hört die Stria jederseits schon im vorderen Drittel des Thalamus zugeschärft auf, ein Beleg dafür, daß deren Fasern von unten nach oben, und im Epithalamus von vorn nach rückwärts hin wachsen. Noch kürzer, obwohl schon vorhanden, ist sie bei Embryo My (Fig. 100).

GUDDEN (l. c. S. 171) zeigt, daß nach Wegnehmen des G. habenulae das MEYNERTsche Bündel zugrunde geht, aber doch läßt er es nicht aus diesem, sondern aus dem von ihm aufgefundenen G. interpedunculare entspringen. Die neueren Autoren (s. KÖLLIKER l. c. S. 484) sind mit Recht zur Vorstellung MEYNERTS vom oberen Ursprung des Bündels zurückgekehrt. Auch meine Beobachtungen an Foetus des dritten Monats (Ma, Stg u. a.) lassen keine andere Deutung zu.

[1]) KÖLLIKER sagt (l. c. S. 434), daß sich das MEYNERTsche Bündel bei Tieren in das G. interpedunculare verliert, beim Menschen aber unmerklich in der Subst. perforata posterior ausläuft, zum Teil mit Andeutungen einer Kreuzung.

[2]) KÖLLIKER l. c. S. 484.

N. opticus und Chiasma. Der Augenblasenstiel liefert die erste Anlage des Sehnerven vom Chiasma bis zum Bulbus. Seiner Entstehungsweise gemäß umschließt er auf früheren Stufen eine Höhlung, die einerseits mit dem Ventrikelraum des Gehirns, bez. mit dessen Recessus opticus, anderseits mit dem periretinalen Spaltraum zusammenhängt. Eine zweite, in der Verlängerung des Augenbechers gelegene Höhlung entwickelt sich am peripherischen Ende des Augenblasenstieles durch Einstülpung der Wand. Als offene Rinne sich anlegend, schließt sich diese zweite Höhlung in der Folge gleichfalls zum geschlossenen Kanal, und in ihr treten die Vasa centralia retinae zum Bulbus hin. Wir können die beiden genetisch verschiedenen Höhlungen als ventrikuläre und als vaskuläre voneinander unterscheiden (Fig. 109). Erstere hat im allgemeinen eine kreisrunde Gestalt, nimmt aber in der Nähe des Bulbus Halbmondform an, entsprechend der rinnenförmigen Einbiegung der Wand.

Die ventrikuläre Höhlung wird bei zunehmender Entfernung des Bulbus vom Gehirn zu einem feinen Gang, und dieser schließt sich in der Mitte des zweiten Monats, so daß in der nächstfolgenden Zeit der ursprüngliche Röhrencharakter des Stieles nur noch an einer kranzförmigen Anordnung der radiärgestellten Kerne erkennbar bleibt. An den beiden Endstücken des Stieles erhält sich die Lichtung am längsten. Nebenstehende Figur 109 zeigt sie von Embryo Ob noch in der Nähe des Bulbus, bei demselben Embryo ist auch das Gehirnende des Stieles noch eine kleine Strecke weit offen. Noch weiter klafft die Lichtung an der Abgangsstelle vom Bulbus. Allein auch bei dem Embryo Wi, von dem Figur 110 (S. 170) stammt, ist die Lichtung nur in allernächster Nähe des Recessus opticus als ein von diesem ausgehender feiner Kanal erkennbar, und die halbmondförmige Lichtung im peripherischen Ende beschränkt sich auf das dem Bulbus unmittelbar anhaftende Stück, sie reicht kaum weiter, als der Pigmentgehalt des äußeren Blattes. Auch hier kann die Spur der früheren halbmondförmigen Lichtung eine Strecke weit an der Gruppierung der Zellenkerne erkennbar bleiben.

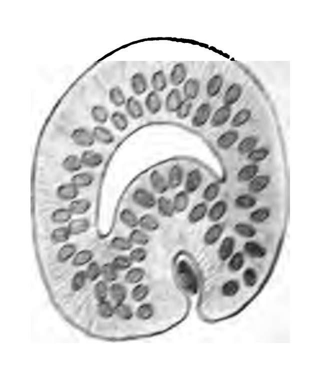


Fig. 109. [illegible] des Augenblasen-[illegible] Embryo Ob. [illegible] Vergr. [illegible] Pigment-[illegible] Die ventrikuläre Lichtung [illegible] und hat Halbmondform, die vaskuläre Lichtung [illegible]

Der Augenblasenstiel besteht aus Gliagewebe und, bevor es zum Einwachsen von Nervenfasern kommt, entwickelt sich in ihm ein durchbrochenes Gerüst. Die Entwicklung der Opticusfasern erfolgt, wie aus obiger Tabelle hervorgeht, erst gegen Ende des zweiten Monats. Nunmehr verwischen sich auch die letzten Spuren, die vom ursprünglichen

Röhrencharakter des Augenstieles übrig geblieben waren (Fig. 111, S. 171). Nachdem der Nerv faserhaltig geworden ist, bleibt er immer noch durch eine feine M. limitans vom umgebenden Gewebe geschieden, und auch gegen die vasculäre Höhlung hin schließt er sich durch eine solche ab (Fig. 112, S. 172). Von einer Beimengung von mesenchymatösem Gewebe zum Opticusgerüst ist noch in der ersten Hälfte des dritten Monats nichts wahrzunehmen. Bogenförmig gekrümmte Kapillaren finden sich bis dicht



Fig. 110. Stielanlage des N. opticus, Embryo Wi (Nl. 15.7 mm). Es sind zu der Zeit noch keine Nervenfasern vorhanden. Die von der Retina sich abhebende Anlage des Sehnerven, bez. des Augenblasenstieles, zeigt im Innern eine relativ weite vaskuläre Höhle, und sie wird in diesem ihren Anfangsteil von einer ventrikulären Höhle umfaßt, die ihrerseits mit dem Spaltraum zwischen Retina und Pigmenthaut zusammenhängt. (Zu Seite 169.)

an den Sehnervenstamm herantretend, aber weder von ihnen, noch von den Zentralgefäßen aus sind in der Zeit Fortsetzungen in die Substanz des Stammes hinein verfolgbar. Von Interesse ist zu der Zeit das Verhalten des Sehnerven zum Recessus opticus des dritten Ventrikels. Im Bereich des Chiasma ist der Recessus ringsherum von seinem Höhlengrau selbständig abgegrenzt, und es schieben sich zwischen ihn und den Nerven helle Gewebsschichten ein. Anders verhält sich's da, wo der Nervenstamm an die Gehirnbasis von außen her herantritt. Da bildet der Nervenstamm

eine Strecke weit eine dicke, gekrümmte Platte, die den Abschluß des Recessus bilden hilft. Die an den Recessus anstoßenden Gliazellen schicken strahlige Fortsätze in die Nervenplatte hinein und verleihen dieser auf dem

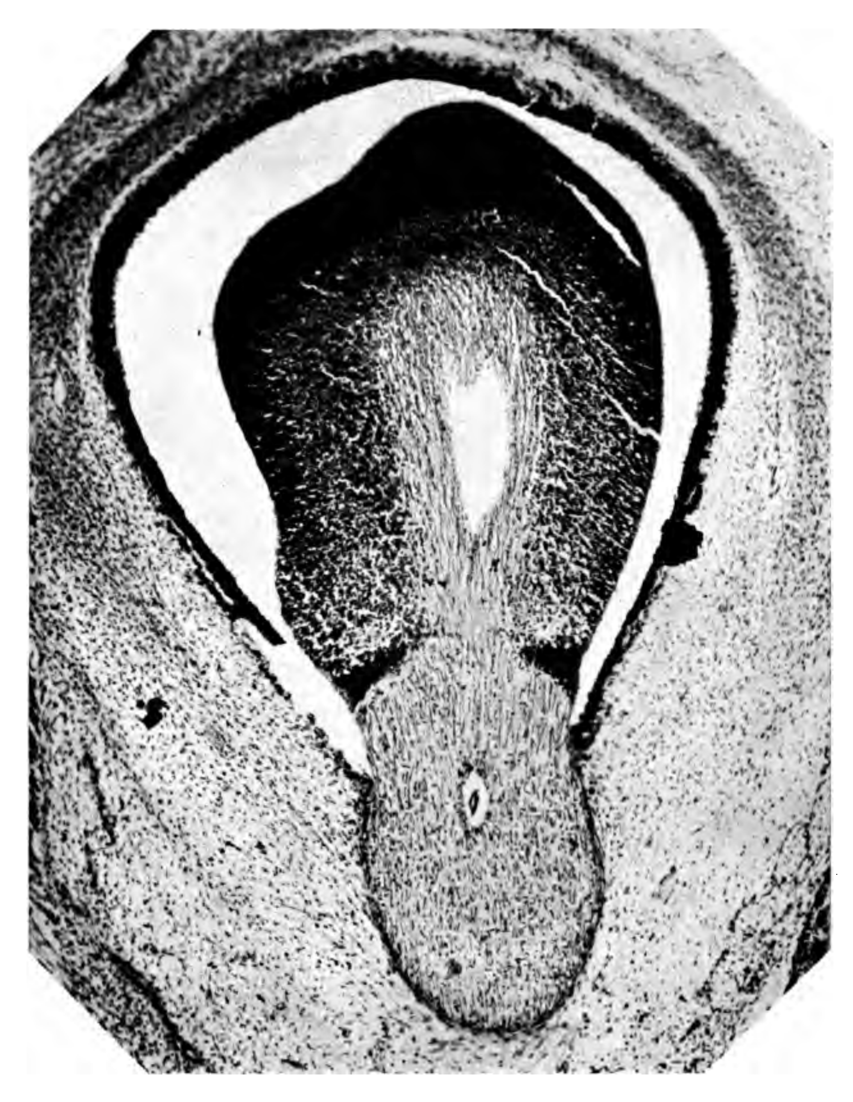


Fig. 111. Austritt des N. opticus aus dem Auge, Sagittalschnitt von Foetus Cl. Inmitten des Stammes zeigt sich die vaskuläre Höhlung mit dem Gefäßdurchschnitt. Eine selbständige ventrikuläre Höhlung ist im Nervenstamm nicht vorhanden, die periretinale Spalte endigt zugeschärft, bald nach Beginn des Opticusstammes. (Zu Seite 170.)

Durchschnitt eine fächerförmige Gliederung. Hier tritt also ein Teil der Gliazellen an die Stelle des Höhlengraues, das den übrigen Recessus auskleidet (Fig. 113, S. 173).

Zwischen dem Opticusstamm und dem umgebenden Bindegewebe finde ich an den meisten meiner Schnittpräparate aus dem dritten Monat einen klaffenden, beiderseits glatt abgegrenzten Spaltraum (Fig. 102, S. 161). Es mögen bei dem Auftreten dieses klaffenden Raumes Schrumpfungsvorgänge mit im Spiele sein, wesentlich bleibt aber dabei die scharfe Trennung zwischen den beiden genetisch verschiedenen Geweben, dem des Nervenstammes einerseits und dem Bindegewebe anderseits. An den Grenzflächen begegnen wir den beiden Mm. limitantes, die wir auf den früheren Jugendstufen des gesamten Zentralnervensystems kennen gelernt haben, der M. limitans externa

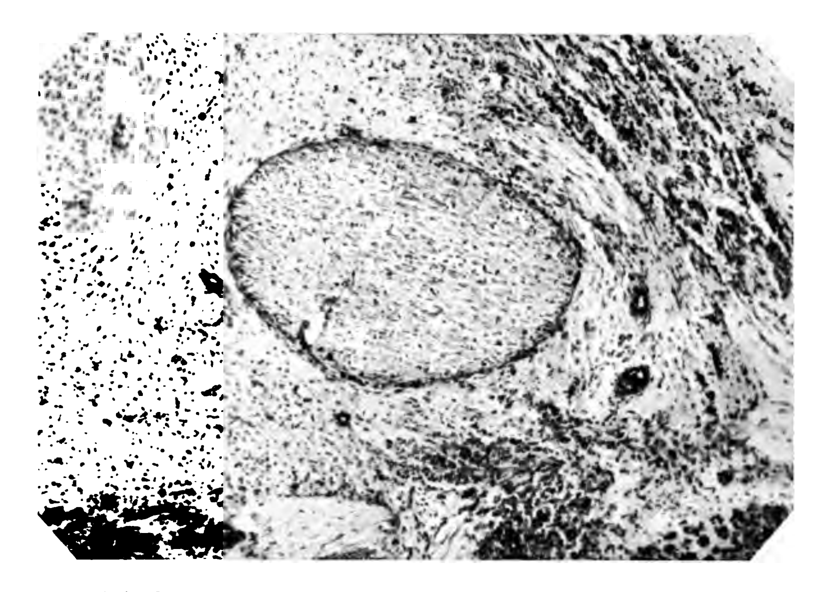


Fig. 112. Querschnitt des N. opticus desselben Embryo Cl in kurzer Entfernung vom Augapfel. Man sieht den Eintritt der Gefäßanlage in den vaskulären Raum des Nervenstammes. Dieser Raum ist von einer feinen das Gliagerüst umsäumenden M. limitans umschlossen. (Zu Seite 170.)

des Gliagerüstes und der M. limitans meningea des umgebenden Mesenchyms. Verfolgt man den perineuralen Spaltraum nach dem Bulbus hin, so findet man ihn an der Grenze des letzteren blind auslaufend, seine virtuelle Fortsetzung ist die Spalte zwischen Pigmenthaut und Chorioidea. Nach dem Gehirn zu öffnet sich die perineurale Spalte in den epicerebralen Zwischenraum zwischen Gehirnoberfläche und Pia mater (Fig. 102, S. 161). Im vierten Monat geht die Entwicklung einen Schritt vorwärts, beim Foetus Cc (8.3 cm SSl.) finde ich den Zwischenraum zwischen Nerv und Bindegewebsscheide von zahlreichen strahlig angeordneten Gefäßsprossen durchsetzt. Diese dringen von außen her in den Nervenstamm ein. Ihr Ausgangspunkt wird nunmehr zur Piascheide des Sehnerven.

Der N. opticus verhält sich dem Obigen zufolge nach seiner gesamten **Entwicklung wie ein echter Gehirnteil,** und er weicht in allen Punkten vom

Verhalten peripherischer Nervenstämme ab. Wie der N. opticus, so entwickeln sich auch das Chiasma und die Tractus optici innerhalb eines von der Gehirnsubstanz gelieferten Gliagerüstes.

Cerebellum und Fasciculus restiformis. Die Entwicklung des Kleinhirns erfolgt im allgemeinen noch später, als die der Großhirnhemisphären, und sie bietet eine Anzahl besonderer Probleme, die eine eingehende monographische Bearbeitung beanspruchen. Eine solche auf später versparend, beschränke ich mich hier auf wenige Bemerkungen. Zu Ende des zweiten Monats erscheint die aus der Rautenlippe des Hinterhirns hervor-

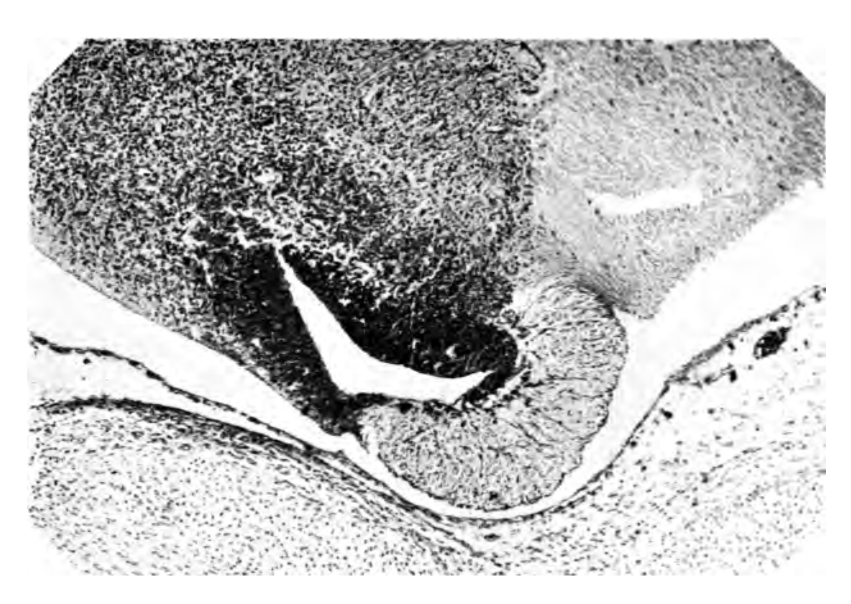


Fig. 113. Aus einem Sagittalschnitt durch denselben Embryo Cl. Der Sehnerv hat den Recessus opticus erreicht und erscheint als eine rinnenförmig gebogene Platte. Das Gliagerüst des Stammes hängt mit der Ependymbekleidung des Recessus zusammen. Von dieser Ependymbekleidung treten radiäre Strahlen in den Nervenstamm ein. (Zu Seite 171.)

gegangene Anlage des Cerebellum als eine dicke, seitwärts hervortretende Platte, die vom basalen Teil des Hinterhirns durch eine breite Furche, die Hinterhirnfurche sich absetzt. In diese Furche lagert sich ein kräftiges, aus Fasern der jenseitigen Olive hervorgegangenes Bündel, der Fasciculus restiformis. Seine Lage ist im größeren Teil seines Verlaufes eine oberflächliche. Von der Seitenfläche des verlängerten Markes hervorkommend, beschreibt das Bündel den vollen Bogen der Brückenkrümmung, sein dorsales Ende wendet sich mehr und mehr medialwärts und erreicht schließlich das Verbindungsstück der beiden Kleinhirnhälften, die Anlage des Wurmes (Figg. 114 u. 115, S. 174 u. 175). Hier kommt es im Verlaufe des dritten Monats zu einer Durchkreuzung der beiderseitigen Fasern. Beim zweimonatlichen Embryo Mr (Fig. 107) treten die beiden Fasciculi restiformes

zwar in den Wurm ein, aber noch hat sich keine Querverbindung über die Mittellinie hinweg entwickelt. Bei Embryo My, der etwas jünger als Mr ist, sind zwar die ersten Olivenanlagen vorhanden und auch Faserzüge zu sehen, die die Mittelebene durchsetzen, aber einen dem Seitenrand der



Fig. 114. Profilkonstruktion des Rautenhirns von Foetus Stg mit eingezeichnetem Fasciculus restiformis. Vergr. 10fach. Der Weg des letzteren ist von der Olivengegend ab bis zur Anlage des Kleinhirnwurmes verfolgbar. Das Bündel beschreibt einen der Brückenkrümmung entsprechenden, nach vorn konvexen Bogen. *C. b.* = Cerebellumhemisphäre, *V.* = Vermis cerebelli, *O.* = untere Olive, *F. r.* = Fasciculus restiformis, unterer Abschnitt, *F. r.** = oberer Abschnitt. Dieser Figur 114 habe ich auch die nach anderen Präparaten (Se) konstruierten Anfänge der sensibeln Schleifen eine Strecke weit eingezeichnet.
(Zu Seite 173.)

Medulla oblongata sich anlegenden Fasciculus restiformis vermag ich nicht aufzufinden. Sollten einzelne Bündel zu der Zeit schon bis dahin vorgedrungen sein, so schließen sie sich noch nicht zu einem kompakten Strang zusammen, und ein solcher läßt sich auch in der Kleinhirnfurche nicht

nachweisen. Die Bildung des Fasciculus restiformis ist demnach an das Ende des zweiten Monats zu verlegen.

Unsicher bin ich über das erste Auftreten der Bindearme. Sie scheinen erst zu erheblicher Ausbildung zu gelangen, wenn die solange verzögerte Gliederung des Kleinhirns eingetreten ist. Immerhin stoße ich schon an den Sagittalschnitten von Wi, Fo und Cl, also von der zweiten Hälfte des zweiten Monats ab, auf ausgeprägte Faserzüge in diffuser Verteilung, die von der Decke des Isthmus und teilweise noch von der konkaven Vorderfläche des Cerebellum aus schräg zum Haubenwulst des Mittelhirns herab-

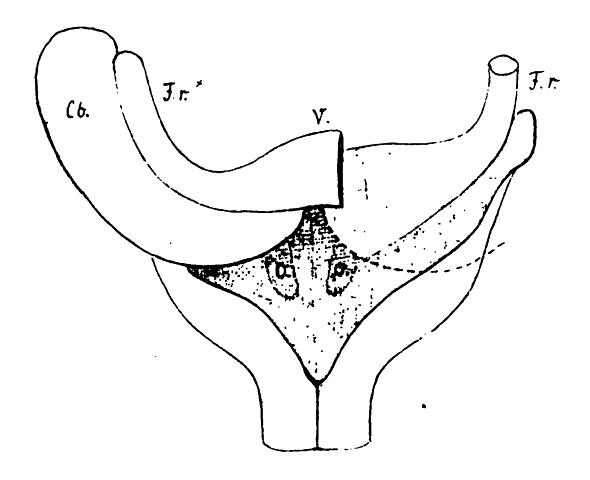


Fig. 115. Flächenkonstruktion vom Rautenhirn desselben Foetus. Rechts ist der Abgang des Fasciculus restiformis (*F. r.*) von der Olive ab auf die Zeichnung projiziert, links der Weg des Bündels entlang dem oberen Rand der Hemisphäre (*F. r.* *). (Zu Seite 173.)

steigen und sich hier dessen diffusen Längsfaserzügen beimengen. Ich möchte vorläufig die Entscheidung darüber offen lassen, ob diese Faserzüge dem System der Bindearme zuzuzählen sind.

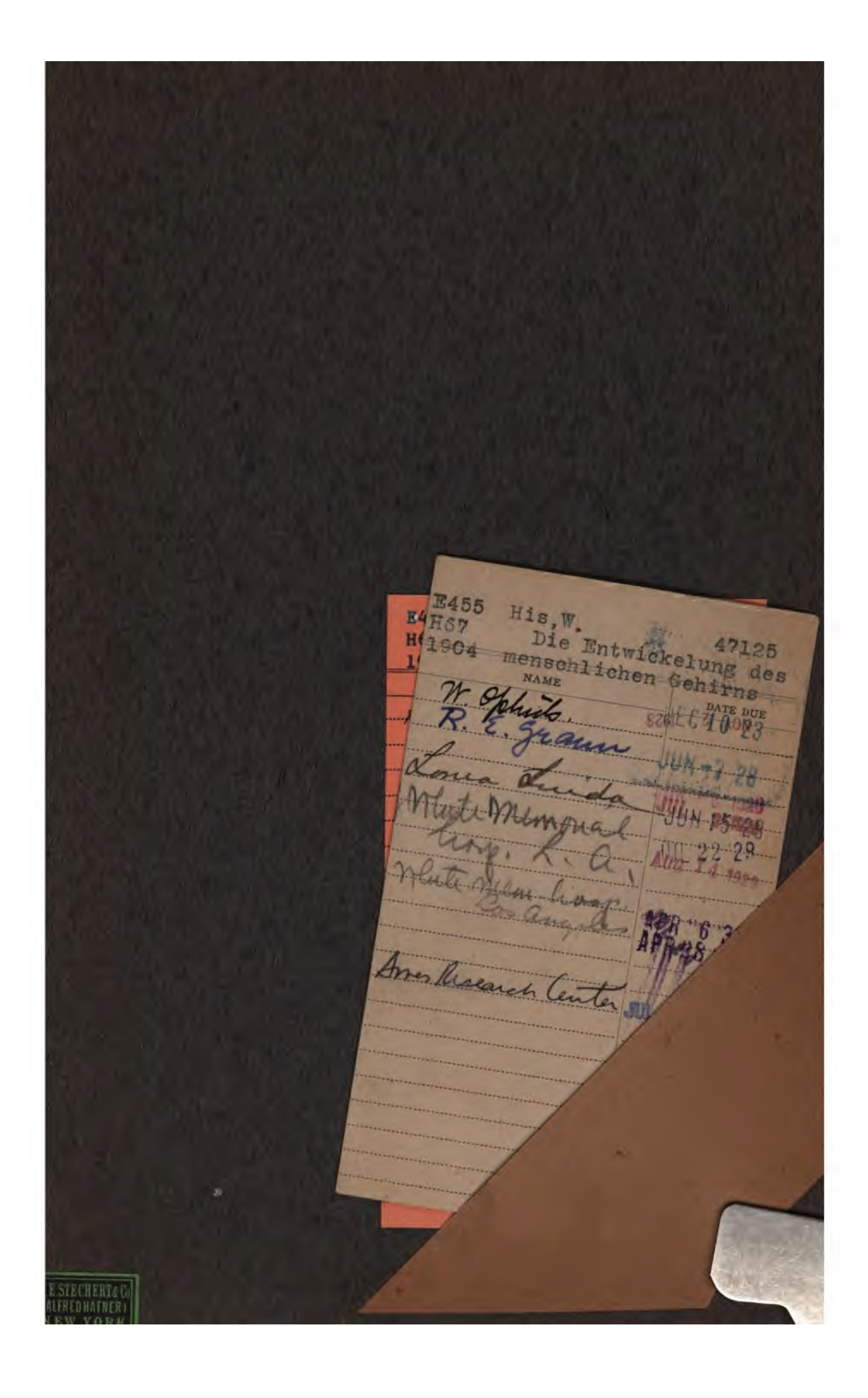
Die Basis pedunculi nebst den Pyramidenbündeln und den Querfasern der Brücke erscheinen in meiner obigen Tabelle erst spät. Die verschränkte Lage der Längs- und Querfaserzüge innerhalb der Brücke weist darauf hin, daß die Entwicklung beider eine alternierende sein muß. Über das Einzelne dieser Entwicklung vermag ich indessen zur Zeit noch nichts mitzuteilen, da mein Material hierzu nicht ausreicht.

Ich schließe diesen in jeder Hinsicht fragmentarischen Aufsatz über die intramedullaren Faserbahnen des Gehirns mit der Bemerkung, daß er zur Zeit nicht viel mehr zu bieten vermag, als ein Arbeitsprogramm für kommende detailliertere Forschungen. Noch sind wir eben in Erkenntnis

dieser Dinge in den allerersten Anfängen, und es bedarf hier, wie anderwärts, zäher Arbeit bis die Entwicklungsgeschichte des Gehirns nach ihren verschiedenen Richtungen hin befriedigend kann klar gelegt werden. Zur Zeit kann ich nur angeben, wo diese Arbeit einzusetzen hat. Früher oder später wird man auch auf diesem Gebiet zum System organisierter gemeinsamer Arbeit überzugehen haben.

Druck von Fischer & Wittig in Leipzig.




E455 His, W.
H67 Die Entwickelung des 47125
1904 menschlichen Gehirns
NAME
DATE DUE
W. Ophüls.
R. E. Graum
Loma Linda
White Memorial
Hosp. L. A.
White Mem. Hosp.
Los Angeles
Ames Research Center
JUN 7 28
JUN 25 29
JUL 22 29
E. STECHERT & Co
ALFRED HAFNER
NEW YORK

